REFOULEMENT DU SAHARA

PREMIÈRE PARTIE

DU MÊME AUTEUR

De l'habitation dans les pays chauds. — Ch. Béranger, éditeur, Paris.

Note sur le dévasement et l'agrandissement des barrages-réservoirs. — Chez l'auteur, à Ténès.

Nouveau moyen de destruction des acridiens (halte à sauterelles, barrages, filets). — Chez l'auteur, à Ténès.

Note sur l'aménagement des eaux. — Chez l'auteur, à Ténès.

Eau et boisement. — Chez l'auteur, à Ténès.

Vinification en pays chauds. — Diplôme d'honneur de la Société des Agriculteurs de France ; Médaille d'or de la Société d'Agriculture d'Alger ; Médaille d'or à l'Exposition universelle de Paris 1900. — En réimpression.

Contributions Diverses à l'Hydrogenèse. — Ch. Béranger, éditeur. Diplôme d'honneur. Exposition universelle de Bruxelles 1910.

Première Partie. — Production des sources. — Transformation des oueds. — Accroissement des récoltes : par suralimentation des terrains aquifères à l'aide des ruissellements d'hiver (méthode romaine) ; par diminution de l'évaporation des terres.

Deuxième Partie. — Production des pluies à l'aide de revêtements formant aire de surchauffe solaire à la surface des eaux. — Prairies lacustres et marines. — Mer Roudaire. — Gazonnement des littoraux en algues géantes (*macrocystis*). — Extension des mers de sargasses. — Leur influence sur la pluviosité du globe terrestre.

Production des pluies de chaleur à l'aide de revêtement flottants, formant aire de surchauffe solaire au milieu des grandes nappes d'eau avec grande tour conique au centre pour coordonner l'appel et engendrer une trombe ascendante d'air humide. Diplôme d'honneur. Exposition Universelle de Bruxelles 1910, chez l'auteur.

Comment l'homme accroîtra progressivement les pluies des régions arides.

1921. — Chez l'auteur — Diplôme d'Honneur, Exposition d'Alger 1921.
1928. — Communication au Congrès de l'Eau à Alger, chez l'auteur.

ERRATA

Page 24, ligne 7, à partir du haut, *au lieu de :* quarante-quatre, *lire :* cent cinquante (1).
Page 24, *ajouter* au bas de la page le *renvoi* suivant :
(1) Le renvoi page 41 indique d'où provient cet écart énorme.
Page 41, ligne 20, à partir du haut *supprimer* lesquels ne représentent qu'une assez faible partie du Sahara dévolue à la France.
Page 41, ligne 21, à partir du haut, *au lieu de :* trente-sept millions, *lire :* deux cents millions (1).
Page 41, ligne 22, à partir du haut, *au lieu de :* soixante-deux, *lire :* deux cent vingt-cinq.
Page 41, ligne 26, à partir du haut, *au lieu de :* cent cinquantième, *lire :* cinq cent soixante-deuxième.
Page 41, *ajouter* au bas de la page le *renvoi* suivant :
(1) Le chiffre de 37 millions d'hectares pour les territoires du Sud a été pris dans le magnifique album « L'Algérie » publié en avril 1922 par l'Administration algérienne (Page 22). En réalité leur surface actuelle est de 200 millions d'hectares, en raison de la limite administrative adoptée entre eux et l'Afrique Occidentale Française.
Page 100, ligne 7, à partir du haut, *au lieu de :* 12 mai au 1er juin, *lire :* 12 mai inclus au 1er août inclus.
Page 100, ligne 8, à partir du haut, *au lieu de :* 77 jours, *lire :* 82 jours.
Page 144, ligne 2, à partir du bas, *au lieu de :* quarante-quatre, *lire :* cent cinquante (1).
Page 144, *ajouter* au bas de la page le *renvoi* suivant :
(1) Voir renvoi (1) page 24.

REFOULEMENT DU SAHARA

PREMIÈRE PARTIE

Comment l'homme accroîtra progressivement les pluies des régions arides

en créant et multipliant au milieu des terres et des eaux des aires de surchauffe solaire de quelque cent hectares destinées à provoquer l'appel, la convergence d'énormes masses d'air et leur ascension vers le zénith ou plus brièvement en créant et multipliant les centres de coordination atmosphérique

« Votre principe est d'une logique et d'une clarté aveuglantes..... Il faut essayer ; il faut faire des expériences. »

CHARLES LUTAUD,
Gouverneur Général Honoraire de l'Algérie.

DIPLOME D'HONNEUR, EXPOSITION UNIVERSELLE, BRUXELLES 1910
DIPLOME D'HONNEUR, EXPOSITION D'ALGER 1921

DEUXIÈME ÉDITION

enrichie de documents décisifs et de moyens nouveaux pour entreprendre le refoulement du Sahara

par

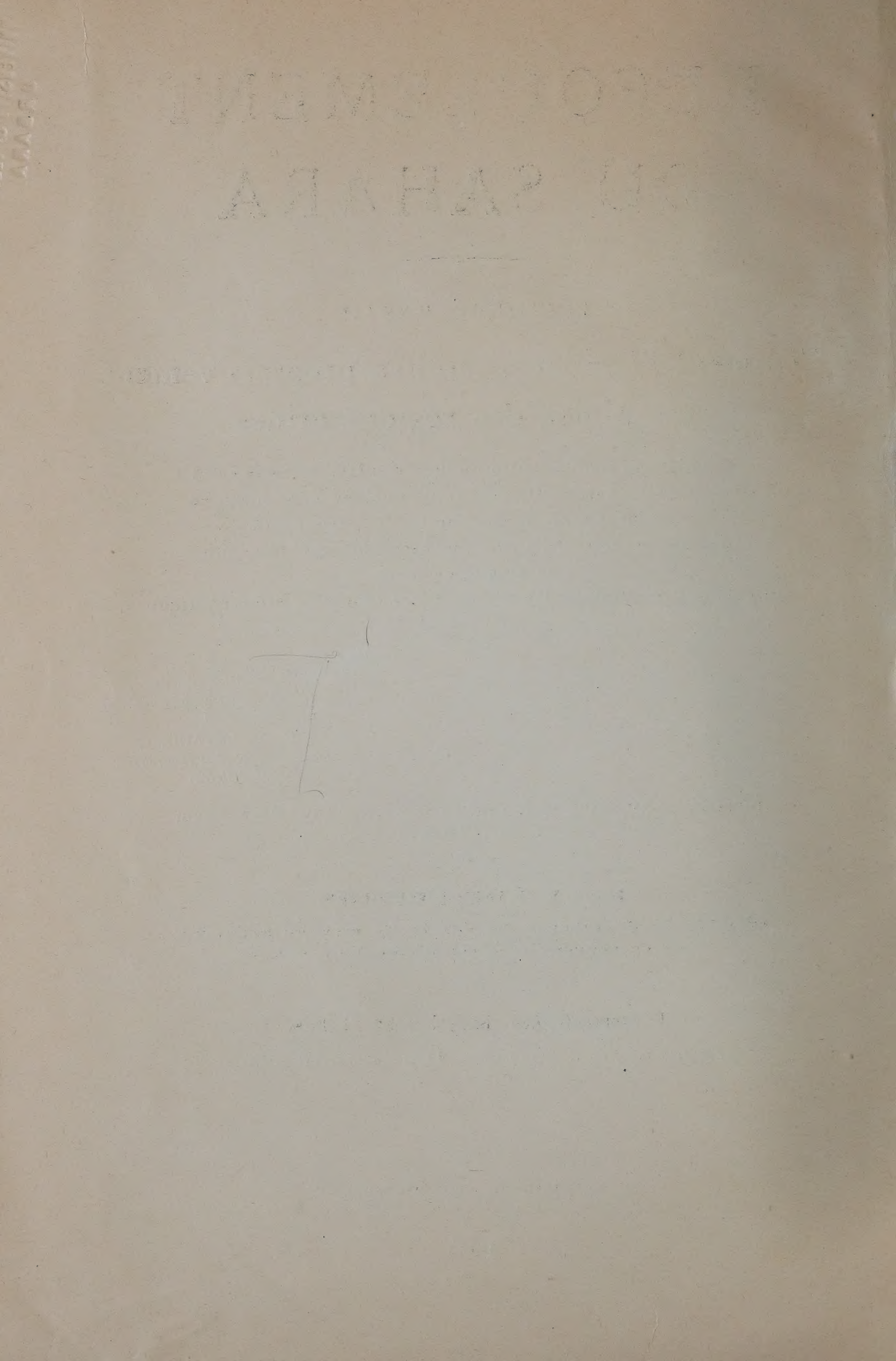
Hippolyte DESSOLIERS

Ingénieur des Arts et Manufactures, Viticulteur à Ténès (Algérie)

ALGER

IMPRIMERIE ALGÉRIENNE
2. rue Bourlon. 2

1930



REFOULEMENT DU SAHARA

Introduction

La première édition de cette brochure m'a valu bien des encouragements, chose fort précieuse, je pourrai même dire indispensable en une question d'apparence aussi paradoxale que celle de l'accroissement des pluies en régions arides. Je tiens à en remercier chaleureusement les auteurs.

Parmi ces témoignages, il en est un qui m'est particulièrement précieux, c'est celui de notre ancien Gouverneur Général M. Lutaud. Voici sa lettre :

« *Mont Saxonnez (Hte Savoie), 19 juin 1921.*

« *Cher Monsieur,*

« *Je vous remercie vivement de m'avoir adressé un exemplaire de votre brochure* « *sur la* Création des centres de coordination atmosphérique *et je l'ai lue avec l'in-* « *térêt passionné qu'elle mérite.* Votre principe est d'une logique et d'une clarté aveu- « glantes. *L'homme s'est rendu maître des lois qui président à l'agronomie sur terre,* « *et il laisse les lois célestes livrées à l'anarchie : il vit à leur égard dans un empirisme* « *singulier, dans une alternative mystérieuse de crainte et d'espérance. Pourquoi ne* « *pas chercher à les dominer à l'aide de lois physiques déjà découvertes et indiscutables...*

« *Votre système m'avait beaucoup frappé quand j'ai eu l'honneur de vous faire* « *visite à Ténès, et je me suis efforcé de le mettre en relief. Une première commission* « *d'hydraulique s'est montrée défavorable, je n'en suis pas surpris, et cependant elle* « *était de bonne foi ; mais les meilleurs esprits sont parfois arrêtés par un scepticisme* « *à priorique ou par une timidité excessive. Il faut essayer, il faut faire des expériences* ».

Je crois utile de noter ici que, dès 1911, *M. le Gouverneur Général Lutaud, après lecture de mes mémoires sur la production des pluies, avait consulté les ingénieurs et les forestiers de l'Administration algérienne sur la valeur de ces écrits ; s'étant assuré qu'aucune objection de principe n'avait été formulée dans leurs rapports, il me demanda en* 1913 *de dresser un projet d'aménagement de la Sebkha d'Oran. De là résulte que*

depuis 10 ans déjà, en 1921, il suivait les progrès de ma documentation ; la lettre ci-dessus représente par suite une opinion mûrement réfléchie ; or elle dit que le système que je propose est d'une logique et d'une clarté aveuglantes et que des essais s'imposent. La valeur du Patent que le Gouvernement des Etats-Unis m'avait délivré était donc pleinement confirmée.

Je crus, après avoir pris connaissance de cette lettre, que la cause était définitivement gagnée, que des centres de coordination allaient être aménagés.

Pour en faciliter l'exécution, j'explorai divers chotts, je me mis en rapport avec des Chefs de Bureaux Arabes du Sud, et j'eus la chance de trouver dans celui de Djelfa, un Administrateur tout disposé à tenter un essai dans le Zahrez Gharbi, M. le Commandant Gautier, auquel je tiens à rendre hommage. Il serait sûrement préférable, disait-il, d'accroître les pluies plutôt que de continuer à faire vivre les populations du Cercle de Djelfa de subsides administratifs.

Par lettre du 12 juin 1923, adressée à M. le Gouverneur Général Steeg, je m'offris à acheter, puis à prêter à titre gratuit, pendant trois ans, les 2.500 mètres de voie Decauville et les wagonnets nécessaires à l'exécution économique successive de petits centres d'expérimentation de 10 hectares chacun, implantés à un millier de mètres des rives des dépressions, chotts, sebkhas, zahrez.

Dans ma pensée, les manifestations météoriques de ces petits centres de coordination — savoir : formation de temps à autre de massifs nuageux à leur zénith et même, par temps favorables, chute de quelques petites pluies — seraient suffisamment probantes pour que public et administration concluent à la création immédiate de vrais centres pluvigènes de quelques cents hectares de superficie.

Grande était mon illusion :

Comme colon sur le littoral dans la région de Ténès depuis 49 ans, j'ai eu à subir un grand nombre de mauvaises récoltes dues à l'insuffisance des pluies. Aussi m'étais-je attaché opiniâtrement à résoudre le difficile problème de leur accroissement, croyant ainsi faire œuvre éminemment utile, les deux cinquièmes de notre empire africain étant à l'état désertique.

Je n'avais point deviné qu'un jour un gouverneur, nouveau venu sur cette terre d'Afrique, affirmerait catégoriquement que les pluies étaient suffisantes en ce pays ! ! et que, pour parer à leur irrégularité, il n'y avait qu'à reporter au moyen de barrages réservoirs les excédents des années pluvieuses sur les années de sécheresse. Telle est en effet la thèse soutenue par M. le Gouverneur Général Steeg dans le discours qu'il prononça à l'oued Fodda, le 10 novembre 1924.

En réalité, même sur le littoral, l'évaporation enlève pour le moins les trois quarts des précipitations atmosphériques ; et pour pouvoir emmagasiner le quart restant qui constitue le ruissellement, il faut trouver sur chaque oued de quelque importance des berges et un lit réunissant les conditions de sécurité voulues pour y établir un barrage, ce qui est chose fort rare. Rappelons que le barrage du Sig ne reçoit que la trente-septième partie de l'eau recueillie par son bassin hydrographique.

D'autre part, les terres irrigables ne représenteront, après construction des barrages, que le dixième des terres en culture et la soixante-deuxième partie du territoire constitué par l'ensemble du Tell et des Hauts-Plateaux, à l'exclusion des Territoires

du Sud. Ces terres non irrigables, ces montagnes, ont tout de même quelque utilité ! Il ne faut pas s'hypnotiser sur les parcelles qui peuvent bénéficier de l'irrigation, mais bien fertiliser l'ensemble du pays.

Sans doute trouve-t-on en Algérie des régions privilégiées bénéficiant de pluies suffisantes ; tel est le cas pour Alger, Fort-National, Bougie, La Calle. Mais ce sont là plutôt des exceptions : Le fait général est que les neuf dixièmes de l'Algérie souffrent de l'insuffisance des chutes météoriques et que l'évaporation est beaucoup plus grande ici qu'en France, ce dont il faut tenir compte.

C'est pourquoi le rendement des céréales est aussi dérisoire et le cheptel ovin aussi peu important malgré l'immense étendue des pâturages du Sud.

J'aime à espérer qu'après la lecture attentive de la présente notice, l'Administration algérienne estimera que les probabilités de succès sont largement suffisantes pour justifier des essais méthodiquement poursuivis.

Je compte aussi que tous les Français soucieux du prompt développement de notre empire Nord-Africain et des heureuses répercussions qu'il aurait pour la Mère Patrie, demanderont que des essais soient réalisés dans nos diverses Colonies à territoires arides : Algérie, Tunisie, Maroc, Afrique Occidentale, Afrique Equatoriale, Somalie.

Je dois noter qu'en Algérie il y a eu unanimité à demander que des essais soient faits : Les Délégations Financières, les Conseils Généraux, les Chambres d'Agriculture, la Presse, en janvier 1928 le Congrès de l'Eau, tout récemment enfin la Société des Agriculteurs de l'Algérie, ont émis des vœux favorables à l'expérimentation.

Un coup d'œil jeté sur la carte n° 1 insérée dans la présente brochure permettra de se rendre compte de l'importance considérable que présente pour le monde entier, et particulièrement pour la France, la résolution du problème des pluies. A l'arrière, en effet, de la bande littoralienne de 150 kilomètres de profondeur, déjà colonisée bien que souffrant fréquemment de sécheresses, s'étalent sur plus de 2.000 kilomètres de profondeur des régions très arides, recevant moins de 200 millimètres de pluie par an, qui ne seront conquises à la culture qu'en accroissant systématiquement les chutes météoriques dont elles bénéficient.

Ceci dit, abordons notre sujet.

PREMIÈRE PARTIE

SOLEIL ET PLUIES

Influence de la latitude

Le soleil est le grand ordonnateur des pluies, tous les faits recueillis par les météorologues tendent à le démontrer. Voici les plus notables :

C'est à l'équateur même, là où il s'élève au plus haut dans le ciel, là où ses rayons sont les plus ardents, que les pluies sont les plus abondantes, leur régime le plus régulier. Les régions équatoriales comprises entre les parallèles huit degrés Nord et huit degrés Sud ignorent, en effet, les années de sécheresse : les pluies s'y distribuent sur tous les mois de l'année et elles sont fréquentes.

Fait non moins significatif : Sauf retard dû à l'emmagasinement du calorique solaire dans les terrains, emmagasinement qui entraîne un décalage plus ou moins important, le parallèle qui reçoit chaque jour le maximum de pluie est celui qui a le soleil à son zénith. L'aire de surchauffe terrestre de chaque jour est l'aire à pluie maxima ; toutes deux suivent le soleil dans sa course apparente d'un tropique à l'autre.

L'astre du jour passant deux fois par an au zénith des régions situées entre les tropiques, beaucoup de ces régions bénéficient de deux saisons pluvieuses qui se rapprochent d'autant plus l'une de l'autre que l'on est moins loin d'un tropique ; là elles se confondent, il n'y a plus qu'une saison de pluies. « La régularité des « précipitations météoriques dans certaines régions tropicales durant la saison hu- « mide est extraordinaire. Dans certaines villes du Brésil, elle est presque chro- « nométrique ; le phénomène se produit surtout un peu après le maximum ther- « mique de la journée : la vie civile est forcée de modifier ses habitudes en raison « de cette régularité climatérique. » (1)

Dans la zone tempérée, cette même coïncidence des maxima de pluies et des maxima de chaleur se poursuit en bien des lieux. C'est en été, et seulement pendant cette saison, qu'en certains points des pluies régulières se reproduisent chaque jour pendant deux et trois mois consécutifs. Ces lieux d'élection sont d'ailleurs tous situés sur de hauts massifs montagneux ; nous en dirons plus loin la raison, elle justifie pleinement notre thèse générale.

---

(1) **Berget.** — *Physique du Globe et Météorologie*, **p. 304.**

Les précipitations météoriques vont en diminuant à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur

Cela résulte nettement du tableau dressé par de Martonne dans son magistral « Traité de Géographie Physique », page 108, pour l'ensemble de l'hémisphère Nord.

	Latitude	*Temp. moyenne*	*Pluies moyennes*	
	—	—	—	
Equateur..................	0°	26°3	1950	millimètres
	20°	25°2	820	—
	40°	14°	530	—
	60°	— 10°	480	—
	80°	— 16°7	350	—

Il n'en est cependant pas de même dans l'hémisphère Sud aux hautes latitudes ; mais cette exception est amplement justifiée par l'immense prédominance des nappes d'eau.

	Latitude	*Temp. moyenne*	*Pluies moyennes*	
	—	—	—	
Equateur..................	0°	26°3	1950	millimètres
	20°	23°	750	—
	40°	12°	940	—
	60°	— 0°7	1020	—

Cet accroissement de pluie en se rapprochant du pôle antarctique est dû à l'étendue énorme des surfaces d'évaporation. Le rapport des eaux aux terres va en croissant de façon démesurée ; du 40e degré de latitude Sud au Cercle Artarctique, les parallèles géographiques ne traversent que peu de surfaces continentales, savoir : la Patagonie, la Nouvelle-Zélande et la Tasmanie. La surface des terres, qui était de 5 % à la latitude de 40° par rapport à celle des eaux, devient nulle au Cap Horn ; et c'est pourquoi, malgré que les températures s'abaissent, les précipitations météoriques augmentent en avançant vers le pôle austral.

L'abondance des chutes météoriques dépend donc et de l'intensité de la chaleur solaire, et de l'étendue des surfaces d'eaux.

Un exemple particulièrement remarquable de la diminution des chutes météoriques en remontant vers le Nord nous est donné par le Groenland. Nous l'empruntons au « Traité Elémentaire de Météorologie » d'Angot, page 234 :

	Latitude	*Haut. moy. des pluies*	
	—	—	
Iviktut à la pointe méridionale	61°	1220	millimètres
Gothaad...............................	64°	650	—
Upernivik	73°	227	—

Nous avons ici deux influences prédominantes mais opposées : le Groenland n'est qu'un immense champ de névés et de glaces ; c'est le plus grand condensateur du globe terrestre, aussi les chutes météoriques y sont elles très importantes. Mais en même temps se fait sentir la moindre ardeur des radiations solaires en s'avançant vers le pôle ; les chiffres ci-dessus donnent la résultante de ces deux influences.

Après avoir relevé, pour l'ensemble de la terre, dans quelle mesure les pluies diminuent à mesure que la hauteur maxima du soleil décroît, voyons quelle est pour une localité déterminée l'influence de l'obliquité plus ou moins grande des rayons solaires d'une heure à l'autre des journées.

Distribution horaire des orages à Paris

« La distribution horaire des orages, tout comme leur distribution géogra-
« phique, met en évidence le rôle prépondérant de la température. Presque partout
« les orages sont les plus fréquents dans la partie la plus chaude de la journée. Si
« l'on répartit toutes les observations relevées par exemple à Paris de 1876 à 1895
« en huit périodes de trois heures chacune, commençant à minuit, on trouve que,
« sur un total général de mille observations d'orages, il s'en présente le nombre
« suivant dans chaque période :

de minuit à 3 h.	52	de midi à 15 h.	242
de 3 h. à 6 h.	40	de 15 à 18 h.	304
de 6 h. à 9 h.	43	de 18 à 21 h.	173
de 9 h. à midi	53	de 21 h. à minuit	93 (1)

Ainsi qu'on le voit, de midi à 6 heures du soir, soit en six heures de temps, grâce au calorique emmagasiné dans le sol nous notons 546 orages, tandis que de six heures du soir à midi, soit en dix-huit heures, nous en notons seulement 454, bien que le nombre d'heures soit triple.

Quantités horaires de pluies à Paris

Si, au lieu de considérer le nombre d'orages qui éclatent aux diverses heures de la journée, nous comparons les quantités de pluies, Angot nous apprend, page 220 de son traité, que le quantum recueilli à Paris, de trois à six heures du soir, est plus que triple de celui constaté entre six heures du soir et neuf heures du matin. Ici encore se manifeste, en même temps que l'influence de la hauteur du soleil, le retard dû à l'emmagasinement de la chaleur solaire par les terrains et par l'atmosphère ; c'est là un fait absolument général, et nous verrons en quelle sérieuse considération ce phénomène doit être pris. Nul n'ignore d'ailleurs que ce n'est point à midi, alors que le soleil est au plus haut dans le ciel, mais bien vers deux heures de l'après-midi, que la température de l'atmosphère atteint son maximum, ce qui est dû à cet emmagasinement.

Heures plus tardives d'éclatement des orages à mesure que le soleil est moins haut à midi

Dans les régions bénéficiant d'une saison de pluies quasi quotidiennes, l'heure d'éclatement des orages est d'autant plus tardive que le soleil à midi est plus bas. C'est ainsi qu'à Tananarive le R.P. Colin, dans une conférence faite à Maurice, indique les heures ci-après :

---

(1) Angot. — *Traité Elémentaire de Météorologie*, édition 1899, p. 339.

« En décembre les orages éclatent entre		2 et 3 h.	de l'après-midi.
« En janvier	—	4 et 5 h.	—
« En février	—	5 et 7 h.	du soir.
« En mars et avril	—	7 et 8 h.	—

« A mesure que la saison pluvieuse approche de son terme, les orages se for-
« ment de plus en plus tard. » (1) Et en effet, la période d'incubation, autrement dit le nombre d'heures nécessaires pour que les terrains s'échauffent suffisamment et échauffent eux-mêmes suffisamment l'air et le contraignent à monter assez haut dans le ciel pour atteindre la phase de saturation et donner la pluie, sera d'autant plus considérable que le soleil sera moins haut lors de son passage au méridien de la localité.

Souvent entre les tropiques les pluies ne deviennent importantes qu'après le deuxième passage du soleil au zénith

Les pluies, en bien des régions intertropicales, ne commencent qu'au deuxième passage du soleil au zénith ou, plus exactement, leur contingent ne prend quelque importance qu'après ce deuxième passage, c'est-à-dire alors que la terre, ayant emmagasiné une grande quantité de calories, est devenue chaude par suite del 'accumulation qui s'est produite depuis le premier passage.

Soit une localité située entre le tropique du Cancer et l'équateur : Entre le second passage du soleil au zénith et le premier de l'année suivante il s'écoule plus de six mois. Durant ce laps de temps la terre se refroidit, les pertes étant supérieures aux gains. Le soleil, en effet, s'éloigne au-delà de l'équateur jusqu'au tropique du Capricorne et ce n'est qu'à son retour à l'équateur que les gains excèdent les pertes.

Exemples donnés par la planche I

Ainsi, comme on le voit planche I, c'est le 11 juin que le soleil passe au zénith à Assekren et ce n'est qu'en juillet, à son deuxième passage, que commencent les pluies.

A Tidjikdja le soleil passe une première fois au zénith le 14 mai et une seconde fois le 30 juillet. Ce n'est qu'en juillet que les pluies sont un peu notables ; elles atteignent en juillet et en août près de 40 millimètres par mois, alors qu'en mai et juin elles ne dépassaient pas 4 millimètres.

Tombouctou nous donne des conclusions du même ordre : Le soleil passe au zénith une première fois le 7 mai, une seconde fois le 6 août. Pendant chacun des mois de juillet et d'août les pluies atteignent 95 millimètres contre 0 m/m en avril, 3 m/m en mai et 18 m/m en juin.

Inutile de citer d'autres exemples ; il suffit de consulter les deux planches.

---

(1) « Annuaire de la Société Météorologique de France », juillet 1920, p. 217.

Observations de M. Julien Loisel

Dans sa thèse sur « les relations des Phénomènes Solaires avec la quantité de Chaleur reçue à la surface du Sol », soutenue en 1908 devant la Faculté des Sciences de Paris, M. Julien Loisel dit, page 60 : « l'automne bénéficie d'une température « moyenne supérieure de 2 degrés environ à celle du printemps, *bien qu'il reçoive « une moins grande somme de chaleur* » et plus loin, page 63 : « *le maximum de chaleur « solaire parvenant réellement au sol* éprouve un décalage qui le refoule à la fin de « juillet, le faisant ainsi *retarder d'un mois sur le solstice d'été*. »

Ces deux faits attestent l'importance considérable qu'exerce sur la température l'emmagasinement calorique par le sol et l'atmosphère.

L'on voit par là qu'il est essentiel de ne pas laisser refroidir un pays, autrement dit de ne pas le laisser s'assécher ; il faut réduire l'intensité du rayonnement nocturne afin de ne pas rendre ce pays plus rebelle à la production des pluies et plus inapte, par suite, à se boiser.

De tout ce qui précède résulte que des contrées entières sont privées de pluie pendant un mois et plus en raison de la trop grande perte hivernale de calories due à une atmosphère trop aride, aridité que l'homme accroît en desséchant les lacs, ajoutant ainsi son action nocive à celle exercée par la nature depuis des millénaires.

Influence du rayonnement vers le ciel

Une confirmation de cette théorie nous est donnée par ce qui se passe en Algérie, lorsqu'on compare la distribution des pluies en hiver et en été sur le littoral et dans l'intérieur :

Malgré la forte humidité de l'air en hiver, même à grande distance de la mer, les pluies sont très minimes dès qu'on s'éloigne de plus d'une centaine de kilomètres du rivage ; en été tout au contraire, elles sont, malgré l'extrême sécheresse de l'air, un peu moins rares en diverses régions du sud que sur la côte.

Cela tient à ce que pendant l'hiver le sol est trop refroidi, dès qu'on est à plus d'une centaine de kilomètres de la mer, pour qu'il puisse contraindre l'air à monter assez haut dans le ciel pour atteindre la saturation ; tandis qu'en été, sur les hauts-plateaux surchauffés, l'air pourra arriver d'autant plus facilement à saturation que ces hauts-plateaux se trouvent à une altitude plus élevée.

L'examen des chiffres ci-dessous justifie notre dire. Voici quelles sont les pluies totales pour juin, juillet et août, d'après divers documents du Service Météorologique : Tadjemout 92,5 ; Sétif 87,9 ; Gotia 84,4 ; Ampère 84,4 ; Kheider 83,9 ; Aflou 82,6 ; Coligny 77 ; Géryville 64,1 ; Djelfa 60,3 ; Laghouat 56,8 ; Batna 56,6, ; Aïn-Mimoun 54,9 ; et d'autre part sur le littoral : Bône 41,8 ; Philippeville 31,7 ; Alger 22,9 ; Oran 11,1.

Il y a lieu de tenir compte des influences locales qui sont parfois prédominantes

C'est ainsi que Tadjemout, qui vient en tête du précédent tableau pour le chiffre des pluies en juin, juillet et août, contitue une véritable ébauche de centre pluvigène par les dispositions de son relief, de ses constructions et de ses cultures. Tadjemout signifie «la pluie» en langage indigène, et cette localité mérite bien son

nom puisqu'elle est le point de toute l'Algérie le plus arrosé durant les trois mois de plus forte chaleur.

Ce village se trouve fondé sur un petit plateau pierreux surplombant la plaine : Il constitue un véritable centre de surchauffe à la base duquel coule l'oued Mzi qui a permis aux indigènes de créer une bande circulaire de jardins constituant une aire de surévaporation en plein été.

« Dans le bassin de la Saône il existe une petite ville appelée Cuiseaux où il « pleut toujours plus que dans aucun autre point de la même vallée. » (1)

Nous aurons, d'ailleurs, à signaler d'autres centres pluvigènes spontanés en Afrique Occidentale, Beyla, la Petite Côte, etc...

Régions désertiques équatoriales

De tout cela résulte, sans aucune espèce d'hésitation possible, que l'abondance des radiations solaires est éminemment favorable à l'abondance des pluies. Et cependant, à l'équateur même on rencontre deux régions désertiques, bien que toutes deux soient en bordure d'un océan.

Sur le versant occidental des Andes, du 4e au 5e degré de latitude sud, se trouvent les déserts de Tumbès et de Séchura sur le littoral de l'Océan Pacifique. Il n'y pleut que tous les quatre ou cinq ans (2). Ces déserts sont dus au courant froid de Humboldt et aux grandes dunes de sable, ainsi que nous le verrons.

Sur la côte orientale d'Afrique baignée par l'Océan Indien, la Somalie italienne est non moins désertique au voisinage de l'équateur. Ainsi que le dit M. Ch. Gouterau : « La partie de la côte des Somalis située un peu au Nord de l'équateur « est connue comme une des régions les plus sèches du globe ». (3) Les grands déserts d'Arabie se surchauffent, font appel dans tous les sens, notamment vers la Somalie italienne ; l'alizé du Nord-Est se trouve annihilé et, de ce fait, il n'y a plus convergence des alizés Nord-Est et Sud-Est ; les vents de mousson l'emportent, le cheminement horizontal prédomine ; il n'y a pas ascension des masses d'air à hauteur suffisante au-dessus de la région.

Ces deux exceptions rencontrées sous la ligne équatoriale elle-même nous amènent à examiner de plus près la genèse ordinaire des pluies.

Presque toutes les pluies sont dues aux mouvements ascendants de l'air

Les météorologues s'accordent à reconnaître que toutes les pluies sont dues au refroidissement et que, sauf exceptions sans grande importance, ce refroidissement a pour origine l'ascension de l'air dans le ciel. Voici comment s'exprime Angot (4), notre savant le plus autorisé en ces matières : « La pluie prend naissance

---

(1) FLAMMARION. — *L'Atmosphère*, p. 661.

(2) *Nouveau dictionnaire de Géographie Universelle.* — VIVIEN DE ST-MARTIN et L. ROUSSELET.

(3) *La Météorologie* « Revue Mensuelle de Météorologie et de Physique du Globe », janvier, février 1925, p. 20. Chiron, éditeur.

(4) *Loco Citato*, p. 221.

« à peu près exclusivement sous l'action du froid produit par la détente qui accom-
« pagne les mouvements ascendants de l'air. Le refroidissement direct et le mélan-
« ge de deux masses d'air ne donnent qu'une faible quantité d'eau liquide et ne
« jouent ainsi qu'un rôle secondaire dans la formation de la pluie. » Et il adopte
la classification suivante :

« 1° Pluies de convection produites par les *courants ascendants* réguliers qui
« sont la conséquence des mouvements généraux de l'atmosphère. A ces pluies
« de convection produites par les mouvements ascendants s'ajoutent les pluies
« dues au refroidissement direct de l'air qui passe d'une région plus chaude dans
« une région plus froide.

« 2° Pluies cycloniques produites par les *mouvements ascendants* qui accom-
« pagnent les perturbations de l'état normal de l'atmosphère : dépressions baro-
« métriques, tempêtes, orages, etc ;

« 3° Pluies de relief produites par les *mouvements ascendants* d'origines pure-
« ment locales, qui naissent lorsqu'un courant d'air vient heurter les reliefs du sol,
« les chaînes de montagnes. »

Les plus éminents météorologues actuels professent les mêmes opinions qu'Angot. C'est ainsi que Bjerknès et H. Solberg dans leur mémoire publié en France en 1923, intitulé « Les conditions météorologiques de formation de la pluie », disent, page 9, « *l'influence prédominante des mouvements ascendants réduit le*
« *côté météorologique du problème de la formation de la pluie à la question primordia-*
« *le suivante* : *Quelles sont les conditions nécessaires à la production de mouvements*
« *ascendants puissants.* » La solution de ce problème fournit l'explication de la
« naissance de la plupart des précipitations. »

Je ferai observer que c'est précisément là la thèse que je soutiens dans mon Mémoire : « Contributions diverses à l'hydrogénèse » (Béranger, éditeur, Paris), publié en 1908, voici plus de vingt ans.

Conditions favorables à l'établissement de mouvements ascendants : Chauffage et humidification de l'air

Ce fait nettement établi, il y a lieu d'examiner de très près quelles sont les conditions favorables à la production de mouvements ascendants de puissance suffisante pour engendrer des pluies.

Pour qu'une colonne d'air puisse s'élever dans le ciel il faut qu'elle soit plus légère que l'atmosphère qui l'entoure, il faut l'alléger. Ce résultat peut être obtenu soit en échauffant l'air, soit en l'enrichissant en vapeur ; et il importe beaucoup d'apprécier exactement la valeur de chacun de ces moyens, au lieu de s'en tenir à un simple aperçu qui pourrait induire en erreur.

Plus l'on chauffe l'air, plus il devient léger ; mais d'autre part, si on n'a pas accru sa teneur en vapeur, plus grande aussi devra être son ascension pour que le point de saturation soit atteint. Comme je l'ai déjà exposé dans la brochure de 1921 et ainsi que nous le verrons plus tard, la base du massif nuageux formé devra atteindre 1080 mètres, et il aura fallu échauffer l'air d'au moins 4°, 48 si son humidité était de 70 % et sa température initiale de 20°, tandis que cette base ne

sera plus qu'à 684 mètres et l'échauffement nécessaire sera seulement de 2°,77 si l'humidité relative était de 80 %. La colonne ascensionnelle devra donc avoir 396 mètres de hauteur de plus dans le premier cas, ce qui a nécessité 4°,48 de surchauffe au lieu de 2°,77 ; notons qu'il s'agit là de surchauffe relative par rapport à l'atmosphère environnante ; or, la difficulté est d'autant plus grande que la surchauffe à réaliser est plus considérable. D'autre part, plus haute est la colonne ascensionnelle, plus grandes sont les influences perturbatrices qui s'opposent à l'ascension. Ainsi qu'on le voit, la surchauffe de l'air présente des inconvénients et des difficultés.

L'enrichissement de l'air en vapeur constitue un deuxième moyen d'allégement. La densité de la vapeur d'eau étant moindre que celle de l'air et la tension de la vapeur d'eau contribuant à la pression barométrique, plus il y aura de vapeur d'eau dans un volume déterminé, moindre sera la quantité d'air qu'il renferme, plus léger sera le mélange. Nous venons de voir que plus l'air sera humide moins il aura à monter haut pour engendrer nuages et pluies. Le calcul permet de voir que l'allégement est de dix à treize fois moindre, pour un même nombre de calories, si on allège l'air en évaporant de l'eau, que si on l'allège par chauffage ; mais à la considération d'une moindre hauteur d'ascension nécessaire dans le cas de l'air humide, s'en ajoute une autre dont il importe de mesurer l'importance : Ainsi que l'a démontré l'illustre physicien anglais Tyndall, l'air capte d'autant plus de radiations solaires, qu'il renferme plus de vapeur d'eau ; il se peut qu'à partir d'une certaine teneur, le refroidissement dû à l'ascension si celle-ci est lente, soit compensé par l'échauffement dû à la captation des rayons solaires. Notons que ceux-ci sont de plus en plus ardents à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère.

Aussi est-il possible, en raison du plus grand échauffement des eaux peu profondes, de leur plus forte évaporation par unité de surface, du plus considérable enrichissement de l'air en vapeur et de son plus grand échauffement, de la plus faible altitude nécessaire à la condensation, que cent hectares de rizières, de salines, de marécages, soient plus efficaces que des millions d'hectares de plein océan pour engendrer des massifs ascensionnels générateurs d'imposants nuages à pluie. Les océans nous en imposent par leur immense étendue et cependant le désert règne sur les rivages de l'Atlantique, du Pacifique et de l'Océan Indien sur plus de six mille kilomètres de longueur.

L'on voit par là combien il importe de recourir à l'expérimentation pour déterminer l'influence réelle sur les pluies des minces nappes d'eau surchauffées par le soleil et, ajoutons-le dès maintenant, à circulation atmosphérique convergeant vers leur centre.

Zones désertiques en plein océan, malgré l'immense étendue des surfaces d'évaporation

Le désert règne aussi en plein océan, notamment dans l'Atlantique :

Entre les tropiques se trouvent, en effet, deux vastes aires recevant moins de 25 centimètres de pluie par an, d'après la carte de Hann et Suring (1). Depuis long-

---

(1) Hann et Suring. — *Lehrbuch der Meteorologie*, Leipzig 1926, p. 372.

temps déjà Marié-Davy, dans son « Traité de Météorologie générale », avait signalé la rareté des pluies au large des Açores. Ce fait semble dû aux vents alizés qui, se dirigeant vers des régions de plus en plus chaudes et n'étant pas contraints à s'élever, donnent peu de pluie.

Il ne suffit donc pas d'avoir de grandes surfaces d'évaporation pour que les chutes météoriques soient fréquentes et abondantes.

Obstacles qui s'opposent à l'ascension de l'air

Pour qu'une masse d'air puisse s'élever haut vers le zénith il faut qu'elle soit plus légère que celle qui l'entoure, et ce non seulement au ras du sol mais bien jusqu'à ce qu'elle ait atteint la phase de saturation. Ce résultat sera d'autant plus facilement atteint que la masse d'air sera plus riche en vapeur.

Si l'échauffement s'exerce uniformément sur d'immenses surfaces surmontées d'une atmosphère sèche et s'il est suivi pendant la nuit d'un refroidissement trop intense, il y aura simple dilatation pendant le jour et non pas ascension à grande hauteur.

Ce sont des aires de *surchauffe relative* qu'il faut créer. Il importe que l'aptitude du sol à échauffement soit plus faible dans la zone périphérique que dans le terrain qu'on aura choisi comme centre de coordination.

Obstacles qui s'opposent au déclenchement du mouvement ascensionnel

Nous savons que dans une cheminée d'usine la vitesse ascensionnelle des gaz est proportionnelle à la racine carrée de la hauteur de la cheminée lorsque celle-ci est pleine de gaz chaud. Cette vitesse est, par suite, dérisoire au début, tant que ne s'est pas constitué un embryon de colonne d'air chaud. Mais nous sommes ici en plein champ et, *si des centres d'appel plus précoces existent dans le voisinage et engendrent des brises*, leur action pourra parfois empêcher le mouvement ascensionnel de naître ; *il y aura seulement déplacement horizontal* des masses d'air.

Concluons qu'il importe que ce soit l'aire de surchauffe choisie qui soit le plus promptement échauffée.

Centres d'appel

Les météorologues ont constaté qu'une différence de pression barométrique de un millimètre de mercure, équivalente au poids d'une colonne d'air de onze mètres, entre deux régions distantes de un degré de latitude, soit cent onze kilomètres, suffit pour faire naître un vent dont la vitesse, variable sur terre suivant aspérités du sol, atteint six mètres soixante-dix à la seconde à la surface des mers. Ces chiffres permettent tous les espoirs ; ils montrent quelle est l'insignifiance de la dépression à produire sur nos centres de coordination pour provoquer l'appel sur de très grandes surfaces. Nous aurons d'ailleurs soin, au cours de ce mémoire, de revenir sur tous ces sujets et d'en fixer l'importance par de très simples calculs.

Ces chiffres montrent aussi qu'il y a lieu de tenir compte de l'obstacle à ascension, autrement dit de l'appel que peuvent engendrer les aires de surchauffe existant dans le voisinage du territoire dont on se propose d'accroître la pluviosité.

Des lâchers de petits ballons d'enfant de très faible force ascensionnelle, accouplés deux à deux par un fil de quelques mètres de longueur, effectués de vingt en vingt minutes peu après le lever du soleil, par belle journée de grand calme à ciel pur, permettront de reconnaître quels sont les centres d'appel les plus précoces du voisinage, c'est-à-dire les plus à craindre.

Strates d'air chaud interposées dans une atmosphère froide

Fréquemment les aéronautes rencontrent dans le ciel des strates d'air chaud traversant une atmosphère plus froide. Ceci démontre que la tendance de l'air chaud à s'élever dans le ciel est parfois complètement annihilée et radicalement remplacée par une translation horizontale. Le paragraphe suivant indiquera le moyen de parer à cet écueil.

Importance décisive de la convergence des vents sur l'ascension de l'air

Si de tous les points de l'horizon les brises convergent vers un centre, l'ascension de l'air se produira fatalement et à une certaine hauteur il y aura déversement latéral, tout comme dans une colonne ascensionnelle d'air chaud.

Etant donné la grande largeur de l'aire de surchauffe équatoriale et la surabondance calorique qui existe en ces lieux, on peut hésiter à croire que la confluence des alizés du Nord-Est et du Sud-Est soit nécessaire pour assurer l'ascension des immenses masses atmosphériques qui engendrent tout autour de la terre l'anneau de nuages dénommé « pot au noir » par les marins de France. L'existence du désert de la Somalie Italienne, comme nous l'avons expliqué, paraît tendre à démontrer que cette influence joue un grand rôle.

Dans un chapître intitulé « Conditions nécessaires à la formation des courants ascendants producteurs de pluies » Bjerknès et Solberg disent : « *les lieux où se* « *forment de forts courants ascendants dans les couches les plus basses de l'atmosphère* « *libre* (l'influence des montagnes étant mise à part) *sont caractérisés par la conver-* « *gence des vecteurs représentant le vent à la surface du sol.* C'est un fait d'expérience « établi au moyen des observations d'un réseau serré de stations (1). » La preuve de l'influence de la convergence est donc démontrée par les faits.

Difficulté de l'ascension de l'air sec à grande hauteur

L'air sec se refroidit de un degré par chaque 101 mètres d'ascension. On comprend dès lors combien celle-ci a tendance à se limiter et combien il importe que tout concoure pour faciliter la continuation du mouvement ascendant.

Nous avons déjà dit qu'il résulte des expériences de Tyndall que l'air humide capte plus de radiations solaires que l'air sec (2). De plus récentes observations confirment le fait ; voici ce que dit Plumandon, météorologiste à l'observatoire du Puy-de-Dôme, auquel on doit une très précieuse documentation : « L'air char-

---

(1) Bjerknès et Solberg. — *Loco Citato*, p. 18.

(2) Tyndall. — *Chaleur et Lumière*, p. 356.

« gé de vapeur absorbe à peu près la dixième partie de la chaleur que lui envoie « le soleil, c'est-à-dire 50 fois plus que s'il était sec. » (1)

La sécheresse de l'air a deux effets nocifs qui ajoutent leurs actions : Plus l'air est sec, plus le rayonnement nocturne est intense, plus la terre se refroidit, plus elle est inapte à réchauffer l'air pour le contraindre à monter assez haut dans le ciel. D'autre part, plus l'air est sec, plus il lui faut monter haut pour arriver à saturation et donner des pluies.

Avantages considérables que présente l'air humide relativement à l'air sec. Dangers d'un trop grand assèchement du sol

L'opacité calorique de l'air humide étant beaucoup plus grande, il se peut — nous l'avons dit — si l'ascension est lente, que les calories empruntées aux rayons solaires équilibrent le refroidissement par détente et que, dès lors, l'ascension se poursuive d'elle-même.

Mieux vaut, à ce point de vue encore, que la surchauffe du sol soit modérée ; l'ascension sera plus lente. Les aires de surévaporation présentent donc de très sérieux avantages sur les aires de surchauffe à sec.

Cet énoncé nous amène à relater que pendant cinq années de suite, de 1844 à 1848, les pluviomètres d'Alger ont enregistré des quantités de pluie supérieures à 1 mètre (2) ; en 1854 le quantum de 1 mètre a été de nouveau dépassé ; depuis lors, soit en une période de 75 ans, il n'a jamais plus été atteint. Il est permis de se demander si l'assèchement des marécages de la Mitidja n'y est pour rien.

Certes, il importe avant toute chose d'assainir un pays pour pouvoir y vivre, mais il faut aussi ne pas l'assécher au-delà des limites qu'impose le souci de l'hygiène. C'est ce que l'on fait cependant : Depuis longtemps déjà l'Administration dépense des sommes considérables pour l'assèchement des quelques lacs qui existaient en Algérie, alors qu'il faudra sûrement les reconstituer et en décupler le nombre. Par deux fois déjà j'ai protesté là contre : une première fois M. Jonnart étant Gouverneur, une deuxième fois en 1921 devant la Commission d'hydraulique agricole. Je tiens à réitérer ma protestation ; l'on commet là, à mon avis, une très grave erreur.

Nécessité, en régions arides, de distribuer rationnellement les cultures, les forêts, les nappes d'eau

Pour que l'air atteigne une hauteur suffisante, une condition essentielle s'impose : Elle consiste à aménager rationnellement au point de vue calorique le territoire dont on veut accroître la pluviosité, de telle sorte que la chaleur solaire soit utilisée au mieux. Sous l'équateur, la surabondance de calories est telle, en certaines régions, que les pluies se produisent presque quotidiennement durant tout le cours

(1) PLUMANDON. — *Les orages et la grêle*, p. 34.

(2) *Essai de climatologie algérienne*, par A. THÉVENET, Directeur du Service Météorologique algérien, p. 64.

de l'année. Dans la zone tempérée, ce même régime de pluies quasi quotidiennes ne s'établit que sur quelques hautes cîmes et exclusivement pendant la période d'été ; dans cette zone tempérée, il y a donc pénurie de calorique ; dès lors, il importe de tirer des radiations solaires le maximum de rendement. Pour ce, il faut évidemment que les discordances paralysantes soient évitées, et ceci nous amène à examiner de près l'aptitude à échauffement des divers terrains suivant leur nature et la nature des revêtements qu'ils portent. Il est évident que la température sera moindre sur un beau massif forestier que sur un sol sablonneux dépourvu de végétation. De même, la température diffèrera d'un champ à un autre, suivant densité de sa végétation herbacée, suivant la nature des plantes et la saison. Un champ de céréales au printemps donnera lieu à une active évaporation et l'échauffement de l'air sera limité ; en juin, dès que les blés se dorent, l'évaporation devient moindre et la surchauffe de l'air plus grande. La luzerne, les prairies permanentes, donneront d'autres résultats ; enfin au contact des eaux l'échauffement sera limité, l'enrichissement de l'air en vapeur sera le fait prédominant. Mais c'est là une question que nous étudierons plus loin.

L'aptitude à échauffement des diverses parcelles d'un territoire diffère donc d'une parcelle à l'autre ; il en sera de même de l'échauffement de l'air au contact de ces terrains. Mais ici encore il faut entrer dans quelques détails et effleurer tout au moins un sujet qui nécessitera des centaines de mensurations thermométriques :

L'air tend à s'échauffer au contact des terrains, mais il ne peut en prendre la température : Dès qu'il les frôle il s'élève dans le ciel si ces terrains s'échauffent. Sur un champ couvert de chaumes mûrs la masse atmosphérique pénètre le massif de végétation, le contact est plus prolongé et il se peut que parfois le gain de chaleur réalisé par l'air soit accru de ce chef. Si, au lieu d'une céréale, d'une prairie, il s'agit d'une belle forêt, l'emmagasinement de calorique par la masse ligneuse sera considérable ; la variation de température sera d'autant moindre. La tendance à ascension au-dessus d'un massif forestier sera par suite, aux heures chaudes de la journée, moindre que sur les autres terrains.

Dès lors nous entrevoyons déjà, sans qu'il soit possible toutefois de fixer des chiffres, que l'échauffement de l'air variera considérablement d'une parcelle à l'autre. Nous avons sous les yeux, en quelque sorte, un damier à cases blanches et cases noires, ces cases se différenciant par leur pouvoir d'absorption calorique. L'air va tendre à s'élever beaucoup plus vite sur les noires que sur les blanches ; mais dans son ascension il se refroidit ; arrivé à une certaine hauteur, il va se déverser sur les cases blanches. Nous aurons donc simultanément sous les yeux, de-ci, de-là, des massifs ascendants et des massifs descendants, finalement une sorte d'anarchie calorique s'opposant à l'ascension de l'air en une colonne unique et puissante montant haut dans le ciel.

L'on pressent déjà que, dans les régions sèches, il faut substituer à cette distribution aveugle des diverses cultures, vergers et massifs boisés, une répartition rationnelle telle que tout concoure, en un ensemble harmonieux, à la formation d'un puissant et unique massif ascendant. Voyons tout d'abord quels effets exercent les massifs boisés.

Influence des forêts sur les pluies

Dans « Contributions Diverses à l'Hydrogénèse » après avoir pertinemment démontré que, en régions peu pluvieuses et chaudes, la forêt, sauf sur les hautes cîmes, diminue ou tarit les sources, nous avons conclu, page 112, que les massifs boisés peuvent faciliter : 1° Les pluies qui tendent à se former lorsque deux masses d'air humide se mélangent ; 2° Les pluies de relief des jours d'été, grâce au moindre échauffement des flancs des montagnes boisées et à leur moindre rayonnement ; 3° On peut aussi admettre, disions-nous, que par les frottements, les tourbillonnements que les forêts engendrent, elles tendent à diminuer la vitesse du vent dans sa strate inférieure, ce qui doit avoir pour effet de contraindre les strates situées au-dessus à chevaucher les unes sur les autres, à monter plus haut, d'où peut résulter un accroissement des précipitations météoriques.

Aux considérations ci-dessus viennent, à cette heure, après études plus minutieuses du problème des pluies, s'ajouter les suivantes :

Presque toutes les pluies, avons-nous vu, sont dues au refroidissement de l'air par ascension vers les hautes régions du ciel. En dehors d'une bande équatoriale de 12 à 15° de largeur, on ne bénéficie plus de la confluence des alizés, le calorique déversé par le soleil en un jour est insuffisant, la teneur en vapeur trop faible ; la masse atmosphérique qui recouvre toute une région ne peut s'élever spontanément dans le ciel à hauteur suffisante pour donner des pluies, sauf après incubation de plusieurs jours de grand calme. L'on constate en effet qu'il y a pénurie de cirrus en dehors de la bande équatoriale ci-dessus désignée.

Dès lors, l'ascension générale ne pouvant être produite, il faut tendre à la localiser en des points déterminés : il faut provoquer la formation de colonnes ascensionnelles ayant toutefois des sections suffisantes pour monter haut dans le ciel.

La forêt constitue une sorte de volant calorique en raison de la grande masse de ligneux qui participe aux variations diurnes de la température. De jour, la température est plus basse de 1° un peu au-dessus des forêts qu'au dehors ; de nuit, l'inverse se produit. Les écarts doivent d'ailleurs être dans l'Afrique du Nord plus notables que ceux mesurés en France par Fautrat, par Mathieu, par l'Ecole de Nancy, en raison de l'absence des pluies d'été, de l'aridité des terrains. De là résulte que la tendance à ascension prend sa valeur minima sur les bois ; autrement dit, les masses d'air sont descendantes sur forêt. Dès lors, elles ne font pas appel au loin ; et en région aride c'est là un très précieux avantage qui facilitera la création des centres de coordination dans les plaines et sur les plateaux. Les massifs boisés devront donc être distribués à la périphérie de la zone d'appel.

Nous laissons momentanément de côté la question de l'aménagement des cîmes en centres pluvigènes : Là, tout au contraire, il faudra déboiser le sommet et une bande de l'adret, c'est-à-dire du versant exposé au midi.

Pour éviter que l'appel vers les parties les plus arides du territoire l'emporte, pour empêcher que les vents ne prennent trop de force et ne s'opposent à la naissance des colonnes ascensionnelles, il y aura souvent lieu, pour faire obstacle au vent, de planter de multiples haies d'arbres de haute futaie en lignes parallèles, aptes à former des barrages aussi hauts que possible, implantés en des points convenablement choisis.

L'arbre est appelé, de ce chef, à jouer un très grand rôle dans l'œuvre de restauration des régions arides ; mais ce rôle, ainsi qu'on le voit, est tout autre que celui qu'on lui attribue d'ordinaire.

L'on a tendance à croire que les forêts contribuent largement aux pluies *grâce aux vapeurs dont elles enrichissent l'atmosphère*. A notre avis, c'est là une illusion : Dans les territoires peu pluvieux, l'enrichissement est trop faible pour être efficace. Il suffit, pour s'en convaincre, de réfléchir à ce fait indéniable que le désert règne sur des milliers et des milliers de kilomètres de littoraux de l'Atlantique, du Pacifique, de l'Océan Indien. Il est bien évident que la pénurie des pluies, leur absence presque complète sur ces rivages n'est point due à l'insuffisante richesse en vapeur de l'atmosphère puisqu'il y a afflux très fréquent d'immenses quantités d'air humide provenant du large. L'absence des pluies a ici pour cause, on n'en saurait douter, un état de choses défectueux, savoir un manque de reliefs ou de centres de coordination contraignant l'air à monter haut dans le ciel et d'autre part fort souvent la présence de vastes dunes de sable. Ces sables s'échauffent promptement et leur rayonnement entraîne la destruction de tout nuage. Il y a lieu aussi d'incriminer parfois les courants marins froids, tel le courant de Humboldt.

Comportement des nappes d'eau

Rien n'est plus difficile que de mesurer l'évaporation des eaux ; les chiffres trouvés dépendent, en effet, des dimensions des appareils : Ces chiffres sont d'autant plus grands que les appareils sont plus petits. En fait, dans la nature, l'évaporation d'une nappe d'eau est d'autant plus grande par unité de surface que les eaux sont moins profondes. Autre fait de très haute importance ; dans un lac, l'épaisseur des eaux allant en diminuant à mesure qu'on se rapproche des rives, l'évaporation est maxima là où l'épaisseur est minima ; c'est par suite à la périphérie que l'enrichissement de l'air en vapeur, son échauffement, seront les plus considérables, que la tendance à ascension sera la plus marquée. Par belle journée de calme, la circulation atmosphérique au niveau du lac tendra à faire progresser l'air du centre vers les bords ; elle sera centrifuge. Or notre objectif, tout au contraire, doit être de tendre à ce que la masse d'air humide qui flotte sur une nappe d'eau converge vers le centre et s'élève en une puissante colonne. Nous avons vu, ci-dessus, qu'un assolement calorique rationnel s'imposait en chaque territoire aride pour accroître la fréquence des pluies ; nous voyons ici qu'il importe d'aménager un ou plusieurs centres d'appel, sinon au milieu si l'étendue est trop grande, tout au moins à quelque distance des bords, de chaque nappe d'eau continentale.

Ainsi qu'il sera dit plus loin, des prairies flottantes pourront jouer ce rôle en certains cas, si les eaux ont plusieurs mètres de profondeur notamment. Dans le cas des chotts ou autres vastes nappes d'eau de très faibles profondeurs, une autre solution consistant à réduire l'épaisseur des eaux au centre sera à envisager. De tout cela résulte que, dans la nature, toutes choses ne sont point distribuées en vue de la multiplication des pluies ; tout au contraire, la tendance à assèchement est prédominante.

DEUXIÈME PARTIE

ASSÈCHEMENT DE LA TERRE

Depuis des millénaires et des millénaires, cette tendance à asséchement va sans cesse en s'aggravant ; des mers intérieures ont disparu dans tous les continents ; les centres de l'Asie, de l'Afrique, de l'Australie sont devenus désertiques ; cette stérilisation ne prend pas fin ; il importe que l'homme intervienne pour amorcer puis assurer la régression des zones arides. Pour qu'aucun doute ne puisse subsister sur ce point, les gouvernements intéressés, la France entr'autres, devraient ouvrir une enquête sur ce sujet, puis prendre les mesures nécessaires pour inaugurer ce grand œuvre. Il me paraît bon, pour attirer fortement l'attention sur cette question, de citer les faits suivants :

Mer d'Asie (Sed Haï) disparue pendant la période historique

« Jadis une mer immense couvrait la partie centrale de l'Asie intérieure, les « Chinois ont conservé le souvenir de cette mer occidentale Sed Haï, qu'ils appelè- « rent, depuis, Han-Haï ou mer desséchée... En longueur la mer desséchée était com- « me l'est actuellement la Méditerranée, mais en largeur, elle lui était inférieure.

« Le desséchement de l'Asie intérieure qui a commencé il y a 40 siècles et qui « continue de nos jours, a provoqué la disparition des royaumes ; des villes floris- « santes ont disparu sous le sable et leur existence même ne peut guère être cons- « tatée, le manque d'eau et de végétation rendant l'accès de ces contrées fort diffi- « cile aux explorateurs. » (1)

Depuis cette époque si reculée aucun retour à l'état de chose antérieur ne s'étant manifesté, bien au contraire, on ne saurait s'abriter sous la théorie d'une périodicité de longue durée pour masquer l'importance de ce fait.

Variation des pluies depuis l'époque quaternaire

Enormes ont été les variations des précipitations météoriques aux divers âges de la terre. Nos fleuves actuels sont de chétifs pygmées, de modestes ruisseaux auprès de leurs colossaux ancêtres.

« A l'époque quaternaire, le bassin de la Seine avait à peu près le même relief « qu'aujourd'hui. Ce fleuve n'avait pas alors moins de un à deux kilomètres de « large. » (2)

---

(1) D. Aïtoff. — *Grande Géographie Bong*, tome 3, p. 164.

(2) Belgrand. — *La Seine*, p. 1.

Son affluent la Vanne s'étalait dans un lit qui à Chigy avait 1.160 mètres. En ce même lieu, l'écartement des berges actuelles est de onze mètres, soit cent fois moins. (1)

La Durance avait cinq à six kilomètres devant Pertuis. (2)

Le Var et les torrents du littoral ligurien envoyaient à la mer leurs déjections avec une telle force que les cailloux roulés y formaient de véritables deltas torrentiels, comme ils eussent pu le faire en débouchant dans l'eau tranquille d'un lac. (3)

Il en a été de même dans toutes les parties du globe, Europe, Asie, Afrique, Amérique, Australie, mais c'est tout particulièrement en Afrique que les preuves irrécusables d'un régime très pluvieux, du pliocène à la fin de la période quaternaire, surabondent ainsi que l'ont établi MM. Pomel, Rolland, Fuchs, Le Châtelier, Lenz, Tissot...

« La grande formation qui a recouvert une partie des étendues sahariennes à « une époque récente et « dont l'immensité, comme le dit M. Pomel, confond l'ima- « gination », n'est autre qu'une formation d'atterrissement d'origine continentale — « qu'il s'agisse de dépôts de transport ou de dépôts lacustres — qui sont dus à des « eaux diluviennes.

« Leur cube énorme implique — comme agents d'ablation, de transport et « d'alluvionnement — des volumes d'eau également énormes, et, par suite, des « précipitations atmosphériques d'une extrême abondance.

« Un climat très humide régnait alors au Sahara, aujourd'hui la partie la plus « sèche du globe. » (4)

« La faune aquatique du quaternaire algérien, composée d'espèces qui presque « toutes sont éteintes, accuse l'existence à cette époque de grands cours d'eau, et « de lacs étendus. » (5)

Finalement, d'après de Lapparent, en diverses périodes du quaternaire, les pluies ont été 10 à 20 fois plus fortes qu'à cette heure... Le recul continu des glaciers alpins témoigne de l'assèchement progressif de l'Europe Centrale. Celui des glaciers équatoriaux de la République de l'Equateur et de l'Afrique Orientale démontre qu'il en est de même en Amérique et en Afrique.

Il en est également ainsi aux deux pôles de la terre ; ce fait a été établi voici déjà longtemps au Pôle arctique, et l'expédition anglaise antarctique a reconnu que la grande barrière glacée devant laquelle vint se butter James Ross s'est retirée sur une distance de 50 kilomètres. (6)

Récent assèchement du lac Tchad

Lors de sa deuxième mission officielle 1914-1917, le Commandant Tilho a reconnu « qu'il a existé autrefois au centre de l'Afrique une immense région « inondée, encore récemment occupée par les lacs et marais qui couvraient une

---

(1) Belgrand. — *La Seine*, p. 16.
(2) De Saporta. — « Revue des Deux-Mondes » 15 septembre 1881.
(3) De Lapparent. — *Traité de Géologie*, p. 1.614.
(4) G. Rolland. — *Géologie du Sahara Algérien*, p. 260.
(5) De Lapparent. — *Loco Citato*, p. 1.630.
(6) *Ciel et Terre*, 1er avril 1906, p. 81.

« superficie comparable à celle de la France et dont il ne reste plus aujourd'hui com-
« me vestige que le lac Tchad au Sud-Ouest, surface inférieure à celle de la Bel-
« gique, et les deux petits lacs d'Ounianga ». De plus, selon les traditions locales,
« on pouvait aller encore en pirogue, il y a une *centaine d'années*, du lac Tchad
« jusque dans les pays bas du Tchad en suivant la voie d'eau alors continue et
« aujourd'hui desséchée du Bar-el-Ghazal » (1), soit 500 kilomètres de longueur environ.

Notons que la superficie de la France est de 536 mille kilomètres carrés ; celle de la Belgique 29 mille ; la réduction serait donc de plus de cinquante millions d'hectares.

Dans son livre « Sahara et Soudan » Nachtigal écrit page 495 « il est certain que le desséchement complet du Bar-el-Ghazal ne date pas de bien longtemps ;
« en 1870 encore, année qui fut très pluvieuse, cet écouloir nous l'avons vu se
« remplir d'eau sur plus de 100 kilomètres, ce qui fit croire aux habitants qu'il
« allait de nouveau inonder le Bodelé ; il garda même dans la partie Sud-Est son
« contenu liquide plusieurs années de suite, car en 1873 j'ai trouvé son sillon fluvial
« submergé à 80 kilomètres environ du lac Tchad ».

Lors des deux explorations de la Mission Tilho en 1907 et en 1914-1917, le Bar-el-Ghazal était à sec et il en est de même depuis.

Deux observations s'imposent ici : le Tchad est dans la zone torride, d'autre part sa profondeur d'eau est très minime, 1 m. 50 environ. Pour cette double raison l'évaporation par unité de surface est considérable. L'étendue de la zone inondée ayant diminué de plus de 50 millions d'hectares, énorme a été la réduction de la quantité de vapeur d'eau diffusée dans l'atmosphère.

El-Djouf

Une autre dépression beaucoup plus vaste encore, dénommée El-Djouf, mérite d'être signalée. Son fond est au-dessous du niveau de l'Atlantique. Tout tend à démontrer qu'il y avait là une véritable mer intérieure ; ce n'est qu'un désert affreux à cette heure.

Si du Sahara nous nous dirigeons vers les Hauts-Plateaux algériens nous rencontrons des dépressions dénommées : Chotts, Zahrez, Sebkhas, Guerras, disséminées du golfe de Gabès au Maroc, qui s'assèchent de plus en plus sous nos yeux. C'est ainsi que le Chott Gharbi ne figure plus sur certaines cartes.

Assèchement des Chotts tunisiens

Dans son rapport de 1877 au Ministère de l'Instruction Publique sur la Mission des Chotts (Etudes relatives au projet de mer intérieure) le Commandant Roudaire dit page 76 : « Tous les arabes racontent que les Chotts du Sud tunisien étaient
« encore, il y a un à deux siècles, recouverts d'une couche d'eau dont la profondeur
« a diminué d'année en année et qui a fini par disparaître. »

Notons ici que, d'après le Commandant Roudaire, la remise en eau des chotts tunisiens, le remplissage de la mer intérieure, aurait sur la pluviosité du Sud de la

(1) « Revue Scientifique », 15 mars 1920.

Tunisie une influence plus efficace que la Méditerrannée. Il ne suffit point, en effet, de tenir compte de leur étendue ; il faut aussi prendre en considération leur puissance évaporatoire par unité de surface, d'autant plus grande que la profondeur des eaux est plus faible, ainsi que leur situation par rapport au territoire à restaurer. Nous avons, de notre côté, démontré dans notre mémoire sur l'hydrogénèse que l'ensemble des forêts algériennes est moins efficace sur la pluviosité que le serait la Mer Roudaire.

Il s'agit ici d'une nappe d'eau de huit cent mille hectares en région chaude, de faible épaisseur, à évaporation très intense par suite, et ces dépressions ont dans leur voisinage les Monts de l'Aurès, s'élevant à douze cents, quinze cents, deux mille six cents mètres, situation favorable à la production des pluies au profit du Sud de la Tunisie et de la province de Constantine.

Assèchements divers

Des lacs ont disparu, celui de Menghour (ou Menkoug) en particulier (latitude 26° 5 ; longitude 5° 7 Est) sur lequel le Commandant Flatters navigua en radeau et « pêcha, par des profondeurs de huit mètres, divers poissons, notamment de gros « silures » (1) et dont Foureau et autres explorateurs trouvèrent le lit absolument desséché, comme il l'est à cette heure. Il en est de même du lac Taoudenni, dernier vestige du grand lac Le Djouf, transformé depuis en salines.

« Il n'est pas douteux que, pendant la période géologique qui a précédé la « période actuelle, les pluies ont été autrement abondantes qu'elles ne le sont de « nos jours » (2). Les oueds sahariens étaient, à une époque relativement récente, de forts beaux fleuves qui roulaient un volume d'eau appréciable.

Autre fait. « En l'an 863 de notre ère, un texte arabe rapporte que des émi- « grants arrivant du Touat se seraient établis sur les bords d'un grand fleuve qui « coulait régulièrement. La légende rapporte aussi qu'à une époque plus éloignée de nous, le pays de Temaneck était couvert par les eaux. Aujourd'hui cette région est sèche, mais elle montre un lit d'oued extrêmement large, profondément taillé « dans les terrains tout récents Pliocènes ou post-Pliocènes.

« Ces rivières ont donc creusé leur lit dans ces terrains avec, comme consé- « quence, la destruction de la continuité du réservoir de la circulation des eaux « souterraines et l'assèchement de la région voisine ». (3)

Dans « l'Armée d'Afrique » de mars 1925, M. E. Gautier, l'éminent auteur de tant d'études approfondies sur le Sahara, parlant d'un barrage et d'une canalisation dans une région aujourd'hui tout à fait inhabitée, barrage signalé par le Docteur Tripau, dit : « Nous sommes là en Mauritanie Marocaine, dans une région qui a « joué, il y a peu de siècles, un rôle historique important avec les Marabouts de la « Seguiet-el-Hamra et avec les Almoravides. Comment un coin du monde aussi « déshérité a-t-il pu jouer un rôle historique ? Cela reste une énigme s'il était déjà « au 11e et au 15e siècles aussi absolument inhospitalier qu'aujourd'hui ». (4)

---

(1) « L'Armée d'Afrique », avril 1929, p. 114.

(2) et (3) *Considérations hydrologiques sur l'Algérie,* par A. Brives, Professeur à la Faculté des Sciences d'Alger, p. 9 et 12.

(4) *Monuments Mégalithiques et Redjems de la région Sud d'Ain-el-Barka,* « L'Armée d'Afrique », mars 1925, p. 109.

Autre citation se rapportant au Sahara Nord-Ouest : les travaux topographiques et tectoniques des Missions du Service Géographique de l'Armée qui lèvent la carte du Sahara Nord, démontrent qu'un grand lac quaternaire s'étendait sur tout le Touat et le Gourara..... L'oued Mya à Ouargla avait une largeur de plus de 6 kilomètres. (1)

Syrie et Palestine

En Syrie, le lac d'Antioche est le dernier vestige d'une ancienne mer. (2)

« Le Dactylopius Vitis ou Cochenille blanche confirme la réalité de l'assèche-
« ment de la Palestine. Cet insecte vivait autrefois sur les feuilles de vignes et les
« rameaux ; la trop grande sécheresse de l'air, sa trop haute température, l'ont con-
« traint à vivre exclusivement sur les racines avec le champignon Bornélina et à
« s'abriter dans des gaînes souterraines ; en vingt ans on ne l'a observé qu'une
« seule fois sur les feuilles ; ce fut en l'année 1907 exceptionnellement pluvieuse ». (3)

Diminution des pluies en Algérie depuis notre occupation

Dans la publication du Gouvernement Général de l'Algérie parue en 1922, intitulée « Les Territoires du Sud », M. Lasserre, Directeur du Service Météorologique, signale que les pluies qui tombent depuis trente ans sont moindres que celles qui tombaient pendant la période antérieure. A Géryville, Biskra, Laghouat, Touggourt, Ouargla, Ghardaïa, Aïn-Sefra, le calcul permet de voir que sa diminution a été de 24 % pour l'ensemble de ces sept stations météorologiques.

Dans la huitième, il est vrai, à El-Goléa, les chiffres indiquent un accroissement de 12 millimètres ; mais cette exception n'est qu'apparente ; elle est due, ainsi que le dit le Directeur du Service, à ce que les indications d'un pluviomètre décuplateur n'ont pas été divisées par dix en janvier 1917.

Dans le rapport présenté par M. Lasserre au Congrès de l'Eau en janvier 1928, intitulé : « Aperçu de la pluviométrie en Algérie », le Directeur du Service Météorologique a comparé les pluies tombées du 1er janvier 1860 au 31 décembre 1879, relevées par Angot, à celles constatées par son propre service du 1er septembre 1914 au 31 août 1924. Il conclut page 16 :

« On distingue trois aires où la moyenne de pluie l'emporte sur les résultats
« d'Angot, savoir :

« Une bande étroite et parallèle à la côte, allant de Tlemcen à Téniet-el-Haâd ;

« Une aire englobant la Mitidja et une partie de la grande Kabylie ;

« Une autre qui s'étend sur la partie Nord de la province de Constantine et
« dont la limite méridionale passe au Sud de Sétif et de Tébessa.

« *Partout ailleurs il y a déficit, plus particulièrement accusé sur le littoral oranais*
« *où il dépasse 25 % ainsi que dans l'Atlas saharien et le Sahara.....*

---

(1) Capitaine LEMAITRE. — « L'Armée d'Afrique », juin 1925, p. 290.

(2) « Bulletin de la Société de Météorologie d'Alger et de l'Afrique du Nord », 1925, nº 102, p. 159, Colonel DANZAC.

(3) P. VIALA, de l'Institut. — « Revue Scientifique », 15 septembre 1924.

« Ce sont les aires déficitaires qui l'emportent et il est évident que la précipitation « totale sur l'Algérie a été moindre, en moyenne, de 1914 *à* 1924 *que pendant la période « de* 1860 *à* 1879. »

Voilà le fait brutal dûment constaté. Pour plus de précision disons que l'ensemble des territoires sur lesquels il y a eu accroissement occupe 1.400.000 hectares et que l'accroissement y atteint 12 %. Partout ailleurs il y a eu diminution ; elle est en moyenne de 18 % et intéresse une étendue vingt fois ou mieux quarante-quatre fois plus considérable si l'on envisage l'ensemble de l'Algérie, territoires du Sud compris.

Force a été d'adopter pour l'ensemble de l'Algérie une période de comparaison pas trop ancienne, faute de statistiques ; mais pour Alger on peut remonter 22 ans plus loin. Dans son remarquable « Essai de climatologie Algérienne » publié en 1896, Thévenet donne le relevé des pluies à Alger mois par mois, année par année, depuis janvier 1838. En groupant les chiffres par année agricole, du 1er septembre d'une année au 31 août de la suivante, on trouve les chiffres suivants :

Pluies moyennes à Alger d'après Thévenet	1838-1848	971,9 m/m
	1848-1858	768,9 m/m
	1858-1868	649,4 m/m
	1868-1878	731,0 m/m
D'après un relevé du Service météorologique d'Alger, donnant les pluies mensuelles...	1896-1906	689,0 m/m
	1906-1916	700,2 m/m
	1916-1925	745,3 m/m

Depuis lors les pluies ont oscillé de 700 à 750 m/m. On dirait que dans la première phase de la colonisation l'assèchement des marais de la Mitidja a considérablement diminué les précipitations météoriques, puis qu'ultérieurement, grâce aux cultures, aux arbres, aux haies, aux irrigations, le régime des pluies s'est amélioré et stabilisé vers sept cent vingt millimètres, soit une diminution de 25 % par rapport à la première décade d'observations.

Diminution des pluies au Niger

En 1927 le Colonel Maurice Abadie a publié une très importante étude intitulée: « La Colonie du Niger ». Ici est poussé un cri de détresse : « Cette sécheresse de la « Colonie du Niger, y est-il dit page 19, ne fait que s'accentuer ; au dire de tous les « vieillards, les pluies sont aujourd'hui moins fréquentes et moins abondantes que « jadis ; de nombreux puits se sont taris ; le désert gagne sans cesse du terrain vers « le Sud ; de vastes espaces autrefois cultivés ont dû être abandonnés. »

Autre citation page 79 : « Il est indéniable qu'à l'époque actuelle l'Afrique « Centrale subit un desséchement continu et que *le désert ne cesse d'empiéter sur la « steppe*. Le fait a été constaté très nettement depuis le milieu du 19e siècle où des « observations concordantes ont permis de l'établir..... Lorsque Barth passa à « Gouré, il y a 75 ans, il trouva une ville de 9.000 habitants entourée de magnifi- « ques jardins abondamment irrigués ; aujourd'hui Gouré compte moins de 1.000 « habitants, il n'a plus que quelques puits à peine suffisants pour l'alimentation de « cette population réduite et pour l'arrosage des maigres jardins qui ont subsisté..... « Un autre phénomène qui contribue au desséchement de l'Afrique Centrale et qui « fait progresser le désert vers le Sud est caractérisé par l'ensablement..... L'ancien

« village de Madak a été envahi et submergé il y a plusieurs siècles par le Ténéré « qui atteint aujourd'hui les éperons orientaux de l'Aïr menacés eux-mêmes d'être « recouverts à bref délai. Les anciens villages de Chirmalek et de Mirh dont on voit « encore des ruines importantes ont disparu beaucoup plus récemment, leurs habi- « tants ayant dû émigrer par suite de l'assèchement des puits et de l'envahissement « des sables. Ces phénomènes peuvent constituer une grave menace pour l'avenir. »

Dessèchement du Hoggar

Les conclusions de la Mission algérienne qui, en 1926-1927, explora le Hoggar ne sont pas moins affirmatives : MM. les professeurs Maire, Leblanc, Seurat, Reygasse, ainsi que M. de Peyerimhoff, Inspecteur Principal des Eaux et Forêts, après étude attentive de la flore et de la faune du Hoggar, nous apportent de nouvelles preuves de ce dessèchement de l'Afrique : Le Hoggar, disent-ils, est une terre qui se meurt lentement et qui, inéluctablement, va vers sa fin..... Plantes qui se défendent par des prodiges d'ingéniosité... De *nombreuses plantes se présentent partout comme des reliques et témoignent d'un passé humide à végétation luxuriante.....*

Diminution des pluies dans l'Afrique du Sud

« Tout le Sud Africain est gravement menacé par des sécheresses croissantes. « Une commission d'enquête a été nommée ; son rapport final paru en 1923 confirme « le dessèchement rapide de l'Afrique du Sud et renferme des pronostics fort inquié- « tants quant à l'avenir du pays. Le dessèchement de l'Afrique Méridionale inté- « resse non seulement l'Union Sud Africaine, mais aussi les Colonies Britanniques, « Belges, Portugaises avoisinantes, ainsi que les possessions françaises et italiennes « plus éloignées.....

« En Afrique du Sud, il existait deux lacs ayant une surface de 45.000 milles « carrés, le Ngami et le Makarikari (surface évaluée à 11 millions et demi d'hectares « environ) ; c'est en 1904 qu'on a observé la dernière inondation du Ngami..... Le « Ngami et la Makarikari entretenaient une rivière à écoulement constant qui « traversait le Kalahari et était le précurseur de la rivière Orange ; M. Schwartz, « pour arrêter le dessèchement progressif de l'Afrique du Sud, propose de construire « deux grands barrages dans le but de reformer les deux lacs historiques qui ont « disparu. Le projet du Kalahari inondera cent mille milles ; il est destiné à écarter le « danger immense qui menace l'Afrique du Sud où la population de l'intérieur « diminue rapidement. Le 10 % de cette population est déjà dans un état appro- « chant de la misère, et le 50 % n'en est guère plus éloigné. » (1)

En Algérie on assèche les lacs
Dans l'Afrique du Sud on reconstitue ceux qui avaient disparu

Ainsi qu'on le voit, l'Afrique du Nord et l'Afrique du Sud sont fortement menacées ; mais il importe de signaler combien diffèrent les idées des Gouvernements du Nord et du Sud de l'Afrique. Dans le Sud, c'est à l'accroissement des nappes que l'on demande l'accroissement des pluies, tandis que l'Algérie a voté au cours de

---

(1) « Revue Générale des Sciences pures et appliquées », 15-30 sept. 1925. *L'assèchement de l'Afrique du Sud et le projet du Kalahari.*

ces dernières années environ 50 millions pour dessécher non seulement des marais, ce qui est on ne peut plus louable, mais aussi des lacs qu'il importait de conserver, tels que le Fetzara et le Tonga, lesquels exercent une heureuse influence sur la pluviosité de leur région. La Calle, en effet, est la ville qui bénéficie du plus grand nombre de journées de pluies de toute l'Algérie, soit 121 à 125. (1)

Bref, dans l'Afrique du Sud on reconstitue les lacs, tandis qu'en Algérie on dépense des millions à les assécher sans s'être assuré s'il était possible ou non de les aménager en centres pluvigènes, ainsi que je ne cesse de le demander depuis plus de vingt ans.

Assèchement de la Lybie

Autre preuve, cette fois relative au désert de Lybie : les progrès de l'assèchement de la Cyrénaïque. Dans un article publié dans le Bulletin de la Société de Géographie d'Alger, 3e trimestre 1925, M. le Général Francez nous apprend que lorsque Rohlfs en 1879 traversa la région de Zirhen, les pâturages étaient abondants dans le trajet de Koufra à Zirhen, trajet qui nécessitait 3 jours et 5 nuits de marche sans arrêt. Lors de l'exploration de cette région en 1924 par Hassanein-Bey, il ne trouva plus que quelques palmiers au puits de Haraich avec beaucoup d'arbres morts et de brousses sèches, et cet auteur ajoute : « encore un exemple portant sur une période de 45 ans du dessèchement progressif du désert africain. »

Fait curieux à retenir, « près de Djof existe un lac aux eaux d'un bleu étince- « lant, très salées malheureusement, dont la permanence n'est expliquée par les « apports d'aucun affluent, encore moins par ceux des pluies qui sont très rares « dans cette région et cette permanence constitue une enigme géographique. On « ne peut en entrevoir l'explication que dans l'hypothèse d'une alimentation sou- « terraine, bien qu'il faille aller chercher à plus de 500 kilomètres de là dans le « Sud-Ouest un massif élevé, le Tibesti, pourvu d'une pluviosité suffisante pour « en faire les frais. »

Hypothèse plus vraisemblable en raison de la grande salinité des eaux, de leur richesse en chlorure déliquescent, le lac doit constituer un appareil de condensation des vapeurs atmosphériques, pendant les périodes froides notamment. Si nous relevons ce fait, c'est qu'il mérite d'être retenu et qu'il permet d'expliquer certaines anomalies incompréhensibles sans cette hypothèse, ainsi qu'on le verra par la suite.

Une politique des pluies s'impose : La France a grand intérêt à l'appliquer non seulement dans son empire africain, mais bien aussi er diverses régions de son propre territoire.

1° *Empire Africain* :

Nous venons de voir que, sans contestation possible, on peut afirmer que la terre s'assèche : de nombreuses nappes d'eau continentales ont disparu, d'où réduction considérable de l'évaporation, celle-ci étant d'autant plus inportante par unité de surface que les nappes sont moins profondes : et c'est à la circulation cen-

---

(1) *Aperçu de la pluviométrie en Algérie*, de M. Lasserre, tableau IV, p. 25.

trifuge de la couche d'air qui repose sur les eaux que la disparition des lacs doit être due en même temps qu'au creusement des seuils par l'érosion des eaux courantes et au comblement par les alluvions et les apports éoliens. Il est donc du devoir des nations à territoires arides d'étudier de près le problème de l'accroissement des pluies. La France y est grandement intéressée en ses possessions d'Afrique : Tunisie, Algérie, Maroc, Sénégal, Mauritanie, Soudan, Niger, Territoire du Tchad, Somalie, toutes étant en bordure du plus grand des déserts.

Il convient de dire que la France, en établissant son autorité en Afrique sur plusieurs centaines de millions d'hectares désertiques jouissant d'un merveilleux soleil, base essentielle d'une future industrie formidable, a assumé l'obligation de mettre en valeur cet immense domaine situé aux portes de l'Europe. Il y a lieu de craindre que d'autres peuples qui nous avoisinent, trop à l'étroit sur leurs territoires, ne tardent point, s'il ne survient pas quelque autre guerre, à demander une nouvelle répartition de ces territoires si nous n'en tirons point parti en les fertilisant par les pluies.

La population du globe, qui était de 500 millions d'habitants en 1700, atteignait 800 millions en 1820, 1600 millions en 1900 ; on peut l'estimer actuellement à 1.900 millions. En raison des progrès de l'hygiène tout fait croire que cet accroissement ira en s'accélérant. Cela implique la nécessité impérieuse, pour éviter les famines, de résoudre sans plus tarder le problème des pluies pour toutes les régions qui souffrent de leur pénurie.

Même en se bornant à l'Algérie il convient de noter que sa population atteignait à peine 1.500.000 âmes en 1830 ; elle dépasse maintenant, après un siècle d'occupation, 6 millions et demi. Or dès maintenant les terres sont devenues insuffisantes pour permettre aux cultivateurs de vivre si l'on n'accroît pas les pluies, tant sont dérisoires les rendements sur d'immenses étendues ; et force est de défricher les flancs des montagnes ainsi que les territoires arides. Pourtant, comme le dit M. Pasquier-Bronde dans un article publié en 1924 par la « Dépêche Algérienne », « devant le monde civilisé nous avons contracté l'engagement moral de faire sortir « de la stérilité totale ou relative toute la partie de notre territoire qui peut être « humainement vivifiée. »

Aggravation progressive énorme en Algérie des désastres dus aux années de sécheresse

L'affreuse disette de 1920 est venue récemment nous rappeler les désastres de la période 1867-1868. Si la famine n'a pas tué 4 à 500 mille indigènes comme en 1867 cela est dû aux importants subsides (plus de 150 millions) que l'Algérie a dû prélever sur son budget, mais très grande fut leur misère. A mesure que les années s'écoulent, la population s'accroît et s'étale forcément sur des régions de plus en plus arides.

C'est pourquoi l'importance des pertes que l'Algérie aura à subir, à chaque nouvelle grande sécheresse, ira en s'aggravant. C'est par dizaines de millions qu'il suffisait de compter au début de la conquête ; à cette heure il faut compter par centaines.

D'un excédent d'exportation de 313 millions en 1919, année normale comme pluie, l'Algérie a passé à un excédent d'importation de 535 millions en l'année demi-sèche 1921, et cet excédent avait atteint 1 milliard quatre-vingt-quatorze millions en 1920, année de grande sécheresse.

La variation des récoltes des céréales permet à elle seule de mesurer l'étendue des pertes qu'entraîne chaque année de sécheresse : 1918, bonne récolte de céréales, 30 millions de quintaux ; 1920, année de grande sécheresse, 5 millions 350 mille quintaux. Ci : un écart de 2 milliards 500 millions de francs, au prix de l'époque, entre une très bonne et une très mauvaise année.

La fréquence des années à pluies insuffisantes étant, en Tunisie et au Maroc, de même ordre qu'en Algérie, l'on voit qu'une année de grande sécheresse pourra coûter plusieurs milliards à l'Afrique Mineure.

2° *Métropole* :

Nous nous sommes jusqu'ici préoccupés exclusivement des régions arides de l'Afrique. Il ne sera point superflu de rappeler que la France elle-même verrait ses récoltes singulièrement accrues si les pluies étaient plus abondantes.

Voici comment s'exprime à ce sujet Marié-Davy (1) : « Il nous paraît incontes-« table , et nous ne saurions trop le répéter, qu'en France, et surtout dans le Centre « et le Midi, *les blés ne trouvent pas dans le sol toute l'eau qu'ils pourraient utiliser « au profit de leur rendement ; et il en est de même d'un grand nombre de cultures.* »

Le Larousse Agricole dit, tome I, page 192 : « Notre production moyenne en blé n'est que de 17,6 hectolitres par hectare. Alors que certains départements « atteignent 30 hectolitres, d'autres ne dépassent guère 10. »

L'on voit déjà par là quel bénéfice considérable retirerait la France, étant donné la surface énorme qu'elle ensemence en blé — plus de 6 millions d'hectares — si l'accroissement des pluies permettait d'améliorer, ne fût ce que de deux quintaux, le rendement à l'hectare des régions à pluies médiocres.

Cette influence des pluies est encore plus notable si, au lieu d'envisager le blé, nous considérons la betterave, le maïs, les fourrages et autres cultures beaucoup plus exigeantes en eau.

Chose singulière et qui n'est peut-être point connue de tous, plusieurs des départements entourant Paris ne reçoivent que de 0 m. 500 à 0 m. 600 de pluie : La Seine, la Seine et Marne, le Seine et Oise, la Marne, l'Oise , l'Eure, l'Eure et Loir sont dans ce cas.

Nous n'ignorons point que le département de la Seine est des plus réputés pour son rendement en céréales, mais cela tient beaucoup à l'abondance des fumures que lui fournit la capitale. Mais nous savons aussi que le rendement des betteraves y est souvent médiocre en raison de l'insuffisance des pluies.

En descendant la Loire vers Nantes on traverse plusieurs départements dont les pluies se limitent aux mêmes chiffres : le Loir et Cher et le Maine et Loire, tandis que l'Indre et Loire bénéficie d'une meilleure pluviosité. Citons encore au Sud de la Loire partie des départements de la Vienne et des Deux-Sèvres.

---

(1) **« Annuaire de l'Observatoire de Montsouris », année 1877, p. 433.**

Au bord de la Méditerranée, les faibles précipitations de 500 à 600 millimètres affectent également partie des Pyrénées-Orientales, de l'Aude, de l'Hérault, du Gard, des Bouches-du-Rhône. Or, ici, l'évaporation est plus notable, les besoins en eau des végétaux sont plus considérables.

D'autre part, sur ce littoral de la Méditerranée s'essaiment un grand nombre d'étangs aptes à être aménagés en centres pluvigènes, dont les principaux sont, de l'Est à l'Ouest, les étangs de Berre, du Vaccarès, de Mauguio, de Vic, de l'Armel, de Thau, de Sigean, de Leucate.

Voici, d'ailleurs, les rendements à l'hectare, pour chacun des départements que nous venons de citer, d'après les tableaux donnant les résultats approximatifs des récoltes de blé en 1928, parus dans le « Journal d'Agriculture Pratique » du 13 octobre de cette même année :

Région parisienne	Seine	25
	Seine et Oise	23
	Seine et Marne	19
	Eure et Loir	17,25
	Oise	17
Champagne	Marne	18
Normandie	Eure	17
Maine	Maine et Loire	16
Vallée de la Loire	Loir et Cher	15
	Indre et Loire	12
Poitou	Deux-Sèvres	14
	Vienne	10,27
Bas-Languedoc et Roussillon	Hérault	14,40
	Aude	14,04
	Gard	12
	Pyrénées-Orientales	11,30
Provence	Bouches-du-Rhône	12,16

En raison de leur pluviosité satisfaisante, nous ne dirons rien de l'utilisation des étangs des Landes, ni de celle des petites mers et estuaires de Bretagne malgré les facilités d'installation de centres pluvigènes qu'offrent ces nappes d'eau. Nous n'ignorons point que ces régions présentent quelques parties stériles, comme la lande de Lanvaux dans le Morbihan ; la stérilité n'est point due ici à l'insuffisance des pluies mais bien à la maigreur des terres.

CAUSES DE L'ASSÈCHEMENT PROGRESSIF DU GLOBE

Après avoir donné des preuves surabondantes de l'assèchement de la terre, il importe de rechercher quelles en sont les causes pour voir s'il n'en est point contre lesquelles l'homme puisse réagir.

1° Refroidissement du globe

La première des causes, celle contre laquelle nous ne pouvons rien, est le refroidissement du globe terrestre, refroidissement dû à la diminution du diamètre solaire : Notre soleil, en effet, doit être classé à cette heure, d'après l'astrono-

me Deslandres, comme une étoile naine en sa période de déclin, ainsi qu'en témoigne sa teinte jaunâtre. Le rayonnement des terres et des eaux vers les espaces interplanétaires, la réduction de l'afflux des eaux thermales profondes, ont contribué à l'abaissement de la température des continents et des océans et entraîné une notable réduction de leurs prairies flottantes et, consécutivement, de l'évaporation. La transpiration physiologique des végétaux l'emporte, en effet, de beaucoup sur l'évaporation d'une nappe d'eau de même étendue. Or plus l'atmosphère est sèche, plus les pertes caloriques par rayonnement sont considérables.

Un fait suffit à établir que ce refroidissement est incontestable. Les fossiles recueillis aux deux pôles attestent, comme le dit le géologue de Lapparent, que « pendant toute la durée des temps primaires un climat semblable à celui des « tropiques paraît avoir régné depuis l'équateur jusqu'aux pôles. » (1) Or à l'heure actuelle le Groenland est recouvert d'une couche de glace de 1.500 mètres d'épaisseur, et sur le continent antarctique ce manteau dépasse 4.000 mètres.

Parmi les autres causes d'assèchement il en est trois sur lesquelles il convient particulièrement d'insister : Vieillissement de la terre ; extension indéfinie des zones désertiques ; tendance à la disparition de toute nappe d'eau continentale.

2° Vieillissement de la terre

La terre vieillit avec l'âge et c'est précisément dans les régions à pluies espacées, à saisons sèches prolongées, que se manifeste tout particulièrement ce vieillissement. En effet c'est dans de telles régions que s'aggrave de plus en plus, de siècle en siècle, le régime torrentiel des eaux avec toutes ses fâcheuses conséquences : Les terres asséchées se fissurent, se crevassent ; et quand survient un violent orage les moindres rides du sol se transforment en ravines, puis en ravins qui s'approfondissent et se multiplient sans cesse. D'année en année, en même temps que leur thalweg se creuse, les eaux ruissellent sur des pentes plus abruptes et, de ce fait, les quantités qui s'infiltrent vont sans cesse en diminuant ; en outre, en raison même de l'approfondissement des ravins et de leur multiplication, la capacité de retenue des terrains avoisinants devient de plus en plus dérisoire : les sources diminuent, l'alimentation des lacs est de moins en moins assurée.

3° Extension indéfinie des zones désertiques même sur les littoraux océaniques

Sur le littoral de l'océan Indien, de même que sur celui de l'Atlantique, on rencontre des bandes désertiques atteignant chacune un millier de kilomètres de longueur ; ce sont d'immenses surfaces sablonneuses. En bordure du Pacifique c'est sur plusieurs milliers de kilomètres qu'elles s'étendent.

Il ne s'agit point là d'une coïncidence fortuite : cette même stérilité s'étale sur les rives de la Caspienne, de la mer Rouge, de la mer d'Aral, du grand lac salé de Californie, etc..., soit sur plus de 12.000 kilomètres de périmètre. Voici un fait qui va nous donner la raison de cet état de choses paradoxal :

---

(1) De Lapparent. — *Traité de Géologie*, t. III, p. 1854.

Cas du désert de Thur dans l'Indoustan

A quelque distance au Sud de l'Himalaya on rencontre d'une part, vers le 25e degré de latitude, la station de Tcherra-Poundji où les pluies atteignent la valeur maxima du globe, soit plus de 12 mètres par an, et d'autre part, du 26e au 28e degré de latitude, mais plus à l'Ouest, le désert de Thur d'une surface de 295.000 kilomètres carrés, où les pluies n'atteignent en moyenne que le chiffre dérisoire de 0 m. 15 ; en certaines années, même, pas une goutte d'eau n'arrive au sol.

Le fleuve Indus a joué un grand rôle dans la genèse de ce désert : Ce fleuve jette incessamment à la mer de grandes quantités d'alluvions. Les particules fines de ces limons restent plus longtemps en suspension et vont au large ; les sables et graviers se déposent près des embouchures, sont remaniés par les flots. Des plages de sable se forment ; par basse mer et beau soleil elles s'assèchent. Sous l'influence du puissant appel exercé par l'Himalaya en été, les moussons qui soufflent alors du Sud-Ouest soulèvent ces sables et ceux de l'immense lagune salée comblée par les apports des marées, dénommée Rann de Katch, et les entraînent vers le puissant massif montagneux du Nord. Mais chaque jour, dès que le soleil baisse, la vitesse du vent diminue, les sables en suspension se déposent.

Ce phénomène se poursuivant depuis des millénaires, la masse sablonneuse ainsi déposée est devenue énorme ; elle couvre à cette heure une étendue égale aux trois quarts de celle de la France. Les dunes ont en moyenne 50 mètres de hauteur et atteignent jusqu'à 130 mètres ; la plupart sont rectilignes et parallèles.

Les populations riveraines du désert de Thur évitent de traverser ces dunes pendant la période chaude des journées d'été, tant la température y est excessive, à moins de se protéger les pieds par des enveloppes de peaux fraîches de brebis, stratagème auquel elles ont recours pour forcer les loups qui déciment leurs troupeaux : Le sable, en effet, est tellement chaud que ces carnassiers ont les pattes brûlées et ne peuvent plus courir. Tel est le fait mentionné par Vivien de Saint Martin (1). Ce détail n'est pas oiseux, comme nous le verrons plus loin.

Un phénomène du même ordre ne s'est-il pas produit du Maroc au Sénégal sur les rives de l'Atlantique ? Les sables provenant des fleuves du Maroc, du Rio de Oro, de la Mauritanie, du fleuve Sénégal, n'ont-ils pas été transportés par les courants littoraux, rejetés sur les rivages, puis entraînés de proche en proche en plein continent, grâce à leur légèreté ?

C'est ce que paraissent démontrer les immenses dépôts de sable qui s'étalent sur la Mauritanie, notamment dans les régions de Trarza, d'Akchar, d'Azfal, en arrière des dunes qui affluent sur le littoral du cap Blanc au lac Taniahya.

Les fleuves participent très efficacement à l'extension des dunes et des ergs

Ainsi les fleuves, chose a priori fort étrange, coopèrent d'une façon très efficace à cette œuvre d'assèchement, et cela *tout particulièrement dans les pays chauds* : Chacun d'eux apporte incessamment à la mer de grandes masses alluvionnaires qui, sous l'influence des courants marins, des marées et des vents, se

(1) « Dictionnaire de Géographie », t. VI, p. 551.

classent en matériaux de diverses grosseurs et sont en partie rejetées sur les rivages puis réparties plus ou moins loin à l'intérieur des terres.

Les fleuves des régions tempérées contribuent également à la formation des dunes : telles sont en Europe les dunes du Languedoc, de Gascogne, des Flandres, des côtes allemandes de la Baltique.

Ce même phénomène se produit à l'intérieur des continents, notamment dans les lits et les zones d'épandage des anciens fleuves desséchés et, comme nous venons de le dire, avec une intensité toute particulière dans les régions déjà arides.

Rayonnement néphoclastique du sable

Au Sahara on a signalé à diverses reprises que les sables atteignaient la très haute température de 70°. Dans le désert d'Abassich, tout près du Caire, M. Raoul Pictet, professeur à l'Ecole Polytechnique de cette ville, a noté des températures de 83° à 88° à des thermomètres légèrement recouverts de sable. (1)

Ces très hautes températures sont dues à ce que, les particules étant séparées les unes des autres par de l'air, toute couche de sable constitue un bon isolant, la pénétration du calorique est très lente, la chaleur ne pénètre point promptement à grande profondeur, elle est arrêtée à la surface, l'échauffement du sol est très rapide, le rayonnement est, par suite, promptement très intense. Or les radiations se transmettent au loin sans grande perte, aussi bien dans le sens vertical que dans le sens horizontal.

Grâce à ce rayonnement les nuages qui passent se dissolvent, et ceux qui devraient se former par ascension de l'air ne se forment point, le froid de la détente dû à l'ascension étant compensé par l'apport de chaleur dû au rayonnement dont l'action se trouve ainsi prépondérante dès que le soleil a réchauffé les sables, ce qui n'exige que peu d'instants.

Le rayonnement intense du sable empêche donc la formation des nuages *précisément pendant les heures les plus favorables aux pluies.* On voit par là combien est désastreuse l'influence exercée par les surfaces sablonneuses. Ce fait est d'une importance si considérable qu'il nous paraît bon d'en donner la preuve certaine par la citation suivante d'Elisée Reclus (2) dont il importe de retenir tous les termes, car chacun d'eux renferme un précieux enseignement.

« Les pluies sont fort abondantes dans les îles montagneuses de la Polynésie « situées sur la parcours des vents alizés : Nouka-Hiva, Tahiti, Raratonga, Upolu, « Savaiï, reçoivent une grande quantité d'eau, *du moins sur leurs pentes tournées « vers le vent*; mais les îles basses, *qui n'arrêtent point les courants atmosphériques,* « sont arrosées par de moindres pluies, et parfois des années se passent sans « qu'il tombe une seule averse..... »

Et même ce rayonnement dissipe les nuages qui passent. Suite de la citation : « Il arrive même que les vapeurs se dissolvent dans le ciel au-dessus de certaines « îles coralligènes. La cause en est à la haute température de ces bancs de corail « ou de sable presque dépourvus de végétation ; *en passant dans l'air chaud qui « s'élève des îles, les nuages disparaissent et laissent voir le bleu du ciel, puis ils*

---

(1) H. Faye. — *Nouvelle étude sur les tempêtes*, p. 59.

(2) « Nouvelle Géographie Universelle », t. XIV, p. 907.

« se reforment au delà : Les contours de l'île se dessinent dans l'espace aérien par « une île d'azur. »

Accroissement perpétuel des zones désertiques

Par l'apport incessant, d'année en année, de nouvelles quantités de sable par les vents, *ces surfaces sablonneuses s'agrandissent dans le cours des siècles,* et ce qui n'avait été à l'origine qu'un très modeste dépôt éolien devient, après des millénaires, un erg énorme. Tel est le cas de l'erg lybique, grand actuellement comme la France.

Des constatations faites par les météorologues, notamment par Angot, citées dans nos précédentes brochures, résulte que c'est dans l'après-midi et vers le soir que les pluies sont de beaucoup les plus fréquentes, ce qui est dû à ce que pendant ces heures l'ascension des masses atmosphériques vers le zénith est le plus accentuée. Or, dans le cas des vastes zones sablonneuses, c'est pendant cette même période que l'action nocive du rayonnement est tout à fait désastreuse, nous l'avons expliqué il y a quelques instants.

Ainsi tout concourt, on le voit, à accroître indéfiniment l'étendue des zones désertiques initiales. En Australie des dunes atteignent une longueur de 600 kilomètres.

Moyen de lutter contre l'action des ergs et des dunes

Pour lutter contre cette action néfaste des ergs et des dunes il faut tendre à fixer les sables, et ce en opérant progressivement à partir du littoral.

Tant que le sol est mobile il reste nu sans couverture végétale ; l'échauffement qu'il prend sous l'influence des radiations solaires est considérable, le rayonnement vers le zénith intense ; les nuages se dissolvent en traversant des régions sablonneuses à sol nu ; l'aridité tend d'elle-même à se maintenir. Rappelons enfin que, dès que l'air est très sec, il faut qu'il monte très haut dans le ciel pour arriver à saturation. De l'air à 20° et marquant 10 % d'humidité aurait à s'élever de plus de 6.000 mètres pour atteindre la phase de saturation, tandis que s'il marque 70 % il suffira qu'il monte 6 fois moins haut.

Fixation du sable par les pluies et les végétaux

Cette fixation sera réalisée par l'accroissement des pluies. Effectivement, à la suite de qulques précipitations pas trop espacées, l'eau absorbée par les sables remonte à la surface par capillarité après avoir dissous des traces de chaux, grâce à l'acide carbonique qu'elle renferme. En s'évaporant cette eau dépose donc à la surface du sol des pellicules de carbonate de chaux qui cimentent la couche superficielle de sable, ainsi que le fait observer Chudeau.

Il faudra accentuer cette fixation en ensemençant des plantes fourragères telles que le drinn, le had, des broussailles comme le r'tem, le saxaoul, et même des arbres ou arbustes comme le talha (acacia gommier) les diverses espèces de tamarix, le teboraq, toutes plantes qui s'accommodent d'une extrême aridité.

On pourrait aussi tenter de mettre à profit la résistance extrême à la sécheresse de diverses cactées, notamment de celles qui, en raison de leur forme et du développement qu'elles peuvent prendre, ont une grande capacité calorique. Ces cactées,

mieux que tous autres végétaux en raison de leur teneur élevée en eau, absorberaient une grande quantité de calories qu'elles restitueraient pendant la nuit à l'atmosphère ; l'échauffement du sable serait ainsi bien moindre et, par suite, son action nocive très réduite.

Là où il serait trop coûteux ou trop difficile d'établir des surfaces continues de couvertures végétales on disposera celles-ci par bandes étroites perpendiculaires aux vents régnants, et plus ou moins espacées en partant des littoraux et progressant peu à peu vers l'intérieur.

Disons, pour terminer, que l'Italie a entrepris en Tripolitaine une œuvre analogue pour fixer les dunes du désert lybique et qu'elle a eu recours à l'eucalyptus.

Certains courants marins froids exercent également une influence néfaste (le courant de Humboldt qui longe la côte occidentale de l'Amérique du Sud notamment).

Comme l'indique l'« Atlas de Météorologie Maritime » de Mascart (1), il existe, d'une façon générale, sur la partie occidentale des grands océans des courants chauds marchant de l'équateur vers les régions polaires, et sur leur partie orientale, c'est-à-dire en bordure des régions occidentales des continents, des courants froids allant vers l'équateur.

Cette indication attire notre attention sur les zones désertiques des côtes occidentales de l'Amérique du Sud, de l'Afrique du Sud.

Ainsi que le dit de Martonne (2), « l'action des courants marins est pour « beaucoup dans l'influence des océans sur le climat de leurs côtes... *Les courants « froids* modifient le climat en le rendant, en moyenne, plus froid, plus extrême « et plus humide, *mais non pas toujours plus pluvieux*: ils donnent souvent un ciel « brumeux sans précipitations. »

Tel est le cas du courant de Humboldt, « véritable fleuve d'eau froide de plu-« sieurs centaines de kilomètres de largeur et d'une épaisseur énorme ». (3) Ce courant, produit par la fusion des glaces du continent antarctique, longe les côtes du Chili et du Pérou : « le courant de Humboldt entraîne avec lui des montagnes « de glace et, à partir de 40° de latitude, rafraîchit remarquablement la température « des côtes qu'il longe. Sur celles du Chili il a environ 1.250 mètres de profondeur, « et au large du Callao du Pérou, sous un des climats les plus secs et les plus brûlés « par les rayons solaires, sa température est, en moyenne, de 15 à 16° centigrades, « tandis que la mer voisine est plus chaude de 11 et 12°. » (4)

Ce courant fait sentir son action jusque sous l'équateur : Aux îles Galapagos la température des eaux de la mer qui est en moyenne de 23° « descend parfois à 15° » (5) et cet archipel, situé sur la ligne équatoriale à près de 1.000 kilomètres de la côte de l'Ecuador, a, grâce à ce courant, « la même température que s'il était à « 2.000 kilomètres de l'équateur. » (5)

(1) *Bureau Central Météorologique de France*, 1887.

(2) *Traité de Géographie Physique*, p. 111.

(3) *Grande Géographie Illustrée*, Bong, t. V, p. 290.

(4) *Dictionnaire de Géographie*, Vivien de St-Martin, t. IV, p. 500. *Océan Pacifique*

(5) *Nouvelle Géographie Universelle*, Elisée Reclus, Vol. XVIII, Amérique du Sud.

Examinons maintenant la pluviosité du littoral Pacifique de l'Amérique du Sud depuis le détroit de Magellan jusqu'à l'équateur. Nous pouvons distinguer trois zones :

1° Du détroit de Magellan à la région de Valdivia incluse, c'est-à-dire jusqu'aux environs du 40e degré de latitude Sud (latitudes correspondant à celles dela France), zone à forte pluviosité, plus de 2.000 m/m.

2° De la région de Valdivia à celle de Valparaiso, pluviosité régulièrement décroissante de 2.000 à 350 m/m.

3° Au delà de Valparaiso jusqu'au golfe de Guayaquil (République de l'Ecuador) c'est-à-dire approximativement du 32e au 3e degré de latitude sud, s'étend le long des côtes du Chili et du Pérou une bande de plus de 2.700 kilomètres dont la pluviosité est inférieure à 250 m/m, par conséquent désertique, comme en témoignent au Chili le désert d'Atacama et la pampa de Tamarugal, au Pérou les pampas d'Islay, de Tunga, de Viacuri, les déserts de Séchura et de Tumbès.

Considérons la première zone, La forte pluviosité de la côte Sud du Chili a pour causes :

a) l'énorme étendue relative des surfaces d'évaporation, cette côte étant extraordinairement découpée et parsemée d'îles, de chenaux, de lacs, outre le rapprochement croissant des deux océans à mesure qu'on avance vers le Sud.

b) la spongiosité superficielle des roches couvertes de lichen ;

c) la basse température de l'air durant toute l'année, d'où résulte une très faible capacité de saturation. Donnons quelques chiffres : « En plein été le thermo-« mètre aux environs du cap Horn ne dépasse guère 7° au-dessus de zéro, et la nuit « il descend communément entre 5 et 3°. » (1) Un instant de soleil suffit donc pour saturer l'atmosphère et donner de la pluie, nous disons un instant car les brumes sont presque continuelles. Dans la province de Valdivia « la température moyenne « de la côte est de 11°49 au printemps, 16°55 en été, 11°70 en automne, 7°73 en « hiver. » (2) On compte annuellement 300 jours de pluie ou de neige à la Terre de Feu, 120 jours de pluie à Valdivia (3).

A mesure que nous nous rapprochons de l'équateur *le courant de Humboldt se réchauffe mais beaucoup moins vite que l'atmosphère*, **la capacité de saturation de celle-ci s'accroît par suite bien plus rapidement que la puissance d'évaporation du courant.**

Alors que sur tous les autres points du globe les pluies diminuent de l'équateur vers le pôle le plus proche, c'est le contraire qui se produit sur le littoral du Pacifique en Amérique du Sud, soit sur plus de 5.000 kilomètres où s'étale la bande désertique *la plus longue de la terre.*

C'est le courant de Humboldt qui est la cause essentielle de cet état de choses : Sa largeur au cap Horn est de près de 500 kilomètres, sa profondeur dépasse 1.200 mètres et il charrie des montagnes de glace. Sa température se relève progressive-

---

(1) *Dictionnaire de Géographie,* Vivien de St-Martin : Terre de Feu.

(2) *Dictionnaire de Géographie,* Vivien de St-Martin : Valdivia.

(3) Victor Huot. — *Notice sur le Chili,* Atlas de Géographie Moderne, F. Schrader.

ment à mesure qu'il marche vers l'équateur, mais, vu la masse énorme de ce courant, le réchauffement est très lent. L'on voit dès lors quelle discordance il y a entre l'atmosphère et la masse océanique sur près de 3.000 kilomètres de parcours.

La transition entre les régions à fortes pluies du Chili méridional et les contrées arides du nord s'opère dans la zone centrale du Chili, chaude et médiocrement humide (25 jours de pluie à Valparaiso sur la côte, 21 jours à Santiago à quelque distance à l'intérieur) et dont le climat rappelle celui des régions méditerranéennes, Italie, Grèce, etc... (1)

A partir du Rio Huasco au Nord du 28e parallèle jusqu'à l'Ecuador, la discordance devient telle que toute la côte n'est plus qu'une suite de déserts ou de pampas entrecoupés seulement de quelques ravins plus ou moins fertiles.

Ici l'atmosphère repose sur des eaux plus froides que ne le comporte la latitude, et la capacité calorique des eaux en mouvement est telle que le soleil est impuissant à les réchauffer à une température qui corresponde à leur latitude. Or il est absolument indispensable que l'air s'échauffe au contact de sa base pour s'élever assez haut jusqu'à donner de la pluie.

Au lieu de courants ascensionnels producteurs de précipitations météoriques, nous avons affaire ici à des mouvements de descente : *C'est l'air des hautes régions du ciel qui descend au niveau de la mer.*

Dans ce mouvement il se réchauffe, certes, *mais ne s'enrichit point en vapeur* ; son aridité est par suite considérable, ce qui nous explique que tous les auteurs que nous avons consultés sur ce sujet s'accordent à dire que, plus encore qu'au Sahara, *l'air y est d'une sécheresse extrême* : Le papier s'y brise comme verre, les cadavres se momifient.

Sur des milliers de kilomètres en bordure du littoral il n'y a plus ici pénurie de pluies comme au Sahara, mais absence complète : Vingt à trente ans se passent dans les déserts péruviens sans qu'on voie tomber la pluie. Lorsque Boussingault visita les côtes septentrionales du Pérou en 1832, il y avait 88 ans que la pluie n'était pas tombée à Chocope. (2) Nous lisons dans la « Grande Géographie Illustrée » de Bong (3) que la « costa » péruvienne est caractérisée par son extrême sécheresse à tel point que « la vue d'un nuage est un spectacle qui attire les gens sur la « place publique des cités ». Victor Huot nous dit que la « costa » péruvienne, terre aride, « est plus déserte que le Sahara, sauf au fond des ravins où la culture peut « être très riche » tandis que la « costa » de l'Ecuador est humide.

Chose singulière : Dans certaines îles des Galapagos « aucune plante ne pare le sol, *aucune pluie ne le mouille à toucher la mer* » et cela jusqu'à 200 mètres d'altitude ; les roches y conservent leurs arêtes vives, indice de l'absence de pluies. A partir de 200 mètres de hauteur apparaissent d'abord « cactus et lichens ; plus haut arbres « clairsemés ; puis brusquement la forêt touffue. » (4) Elisée Reclus nous confirme le fait : « La végétation ne commence guère qu'à 200 mètres de hauteur aux Gala-

---

(1) Victor Huot. — *Atlas de Géographie moderne*, F. Schrader.

(2) « Nouvelle Géographie Universelle », Elisée Reclus, Vol. XVIII p. 519.

(3) *Vol. Amérique*, p. 290.

(4) Bong. — « Grande Géographie Illustrée », Vol. Amérique, p. 299.

« pagos. Jusqu'à cette altitude les roches sont dénudées, les saillies, les arêtes sont « très prononcées. Au-dessus la végétation commence par des cactées ; plus haut « des arbres clairsemés, puis brusquement l'épaisse forêt. » (1)

De ces constatations résulte que l'air sec provient du zénith. Il y a là une immense masse atmosphérique qui descend sur les eaux froides de l'Océan et s'étale au pied des monts jusque vers 200 mètres d'altitude.

Mais sur les massifs importants de ces îles la masse atmosphérique cesse d'être descendante et des pluies se produisent.

A cette cause prépondérante qu'est le courant de Humboldt vient s'ajouter l'action nocive des vastes étendues de sable mobile qui s'étalent sur les côtes du Chili septentrional et du Pérou.

Aussi le Chili septentrional est-il une région chaude et sèche au climat continental : journées brûlantes, nuits glacées ; d'un caractère franchement désertique, sans arbres, sans gazon même. Il est possible que sa richesse en salpêtre contribue à l'assèchement de l'atmosphère, notamment dans le désert d'Atacama.

Plus au nord, tout au long de la « costa » péruvienne, les courants d'air froid descendant ont pour effet d'engendrer des brumes de 200 à 250 mètres d'épaisseur qui n'atteignent pas 400 mètres d'altitude. Ces brumes, auxquelles s'ajoutent des rosées nocturnes dénommées « garruas », persistent pendant les six mois de saison froide d'avril en octobre (Elisée Reclus) surtout en août et septembre (géographie Illustrée Bong) empêchant ainsi l'échauffement du littoral.

Malgré l'humidité continuelle de l'hiver en certaines de ces régions, il n'y pleut pas, ce qui justifie l'observation faite par de Martonne, observation signalée au début de ce chapitre, sur l'action des courants marins froids qui rendent le climat plus humide mais pas toujours plus pluvieux : « Lima ne connaît que deux saisons « bien marquées : l'hiver de juin à décembre, pendant lequel le thermomètre oscille « entre 12°10 et 18°, et l'été de décembre à mai, où le thermomètre varie de 18° « à 28°. L'atmosphère est toujours saturée d'humidité, surtout dans les mois « d'hiver pendant lesquels un brouillard humide cache le soleil... juillet et août « sont les « mois des pluies » ; mais la plus grande quantité d'eau pluviale recueillie « en 12 heures est de 9 millimètres ; en général le pluviomètre ne marque pas plus « d'un millimètre et les pluies sont insensibles. Aussi les toits de Lima sont-ils plats « comme des terrasses ; une pluie véritablement torrentielle est un événement qui « ne se produit qu'une ou deux fois par siècle et qui prend tout le monde à l'impro- « viste. » (2)

On dirait qu'ici ces précipitations météoriques sont dues au mélange des masses atmosphériques descendant du zénith avec celles qui reposent sur le courant de Humboldt.

Il importe de noter « que ces déserts du Pérou, du Chili étaient autrefois riches « en eau ; on en voit encore les traces, comme en témoignent des troncs d'arbres « énormes enfouis dans le sol... » (3) Entre Iquique et Harantajaya on a reconnu

---

(1) Elisée Reclus. — « Nouvelle Géographie Universelle », Vol. XVIII p. 471.

(2) *Dictionnaire de Géographie,* Vivien de St-Martin : Lima.

(3) *Nouvelle Géographie Universelle,* Elisée Reclus, Vol. XVIII p. 745 et 746.

l'existence d'une vaste forêt enfouie dans le sol. « Le nom même qui fut donné à « Copiapo, « San Fernando de la Selva », *ne témoigne-t-il pas de l'existence d'une « ancienne forêt sous un climat devenu trop sec pour la végétation forestière ?* » (1) Il y a sur la côte des points d'eau taris qu'Almagro et ses compagnons utilisèrent lors de la conquête. D'autre part, les ruines prouvent que ce pays était habitable en des temps peu distants du nôtre.

Nous voyons ainsi que l'asséchement de ces contrées a fait de grands progrès depuis leur conquête par les espagnols ; or il se poursuit depuis l'époque primaire.

Ainsi qu'en témoigne le charbon trouvé dans l'antarctique sur de vastes territoires entre la Terre du Roi Georges V et la Mer de Ross, ce continent n'a point toujours été recouvert d'une couche de glace que les auteurs estiment avoir, à l'heure actuelle, une épaisseur de 4.000 à 6.000 mètres. Le courant de Humboldt n'a donc point toujours existé. De millénaire en millénaire ses effets sont devenus de plus en plus nocifs et ils sont absolument prodigieux à cette heure : Du seul fait de l'existence de cet immense fleuve d'eau froide le désert longe le Pacifique sur près de 3.000 kilomètres.

4° Toute nappe d'eau continentale tend à disparaître

C'est, nous l'avons dit, une quatrième cause d'asséchement : Les cours d'eau qui alimentent ces nappes d'eau *charrient des alluvions qui comblent les dépressions* ; leur fond s'exhausse.

Voilà pourquoi les apports du Rhône et de la Dranse continuent à amoindrir la surface du lac de Genève : A son extrêmité orientale où il reçoit le Rhône, le Léman a perdu 88 kilomètres carrés sur 18 kilomètres de longueur (à partir de la Porte de Saint-Maurice) ; à l'autre extrêmité, le Rhône à sa sortie a comblé le lac sur une longueur de 15 kilomètres, du site actuel de Genève au défilé du Jura (Fort de l'Ecluse).

Une autre cause de disparition des lacs est que *leurs effluents creusent leurs seuils* ; la nappe d'eau se réduit de siècle en siècle.

C'est ainsi qu'en Amérique du Sud le lac Titicaca, qui ne recouvre plus aujourd'hui qu'une surface de 8.331 kilomètres carrés, soit le dixième du lac Supérieur de l'Amérique du Nord (83.630 kilomètres carrés), avait autrefois une étendue supérieure à celle de ce dernier. Son niveau était jadis de 90 à 120 mètres plus élevé qu'actuellement : La brèche de montagnes où s'est assise la ville de la Paz roulait le trop-plein du lac vers l'Amazone. On voit combien énorme est la réduction de surface. Or cette nappe d'eau est suspendue à près de 4.000 mètres d'altitude et l'on sait que l'évaporation est d'autant plus grande que la pression atmosphérique est plus faible ; on présume ainsi de l'influence désastreuse qui en est résultée sur l'humidité d'une très vaste région.

Toutes les nappes d'eau continentales tendent aussi à disparaître *par suite de la circulation défectueuse de l'atmosphère en contact avec elles*, du fait qu'en général leur profondeur est maxima vers le centre. Nous en avons donné la raison au cha-

(1) *Nouvelle Géographie Universelle*, Elisée Reclus, vol. XVIII, p. 745 et 746.

pitre intitulé « Comportement des nappes d'eau ». Une très grave conséquence de cet état de choses c'est que *les nappes d'eau ne bénéficient généralement pas des émissions de vapeur dues à leur évaporation ; ces vapeurs font le plus souvent retour aux océans.*

L'objectif doit être, évidemment, de tendre, en région aride, à ce que l'évaporation donne des pluies sinon locales, du moins régionales. Le jour où ce résultat sera atteint, chaque nappe d'eau bénéficiera à la fois des pluies dues aux mouvements généraux de l'atmosphère et des ruissellements des pluies auxquelles elle donne naissance dans son bassin hydrographique.

Son étendue tendra donc à s'accroître et, peu à peu, la pluviosité s'améliorera, en même temps que la région aura bénéficié de pluies supplémentaires assurant sa prospérité.

TROISIÈME PARTIE

I° BARRAGES RÉSERVOIRS

Les barrages réservoirs ne résoudront que partiellement le problème de l'eau

Mais, dira-t-on, la multiplication des barrages supprimera les redoutables aléas des années de sécheresse ou tout au moins les atténuera dans d'énormes proportions. Raisonner ainsi serait se faire illusion, s'exposer à de grands mécomptes, mieux vaut le dire dès maintenant. Très sûrement, les barrages sont appelés à rendre de très grands services, et nous sommes fier de pouvoir dire qu'alors qu'ils étaient tombés dans le plus grand discrédit, tant auprès du public que de l'administration, par suite des ruptures qui s'étaient produites et des progrès de leur envasement, nous n'avons cessé d'en être le très chaud partisan et nous nous sommes efforcé de contribuer de notre mieux à remédier aux écueils qui leur sont inhérents, ainsi qu'en témoignent nos deux brochures ; « Note sur le dévasement et l'agrandissement des barrages réservoirs » année 1883, « Note sur l'aménagement des eaux et le dévasement des barrages réservoirs » publiée en 1898, et avons rappelé en 1908 dans « Contributions diverses à l'hydrogénèse » (page 48) qu'il faudrait en décupler le nombre. Mais ceci ne veut point dire que les barrages suffiront pour résoudre le problème fondamental de l'Afrique du Nord, le problème de l'eau. C'est à l'accroissement des pluies, à leur extension sur des territoires de plus en plus vastes qu'il faudra recourir. Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer l'étendue du domaine de l'Algérie et celle des terres qui pourront être irriguées après achèvement du programme des travaux. Le Tell comprend quatorze millions d'hectares ; les Hauts Plateaux onze millions ; les territoires du Sud, lesquels ne représentent qu'une assez faible partie du Sahara dévolue à la France, trente-sept millions ; soit au total soixante-deux millions sur lesquels quatre millions sont en culture.

A cette heure, on peut estimer à cent vingt mille le nombre d'hectares irrigués ; après exécution du programme des barrages, cette surface atteindra peut-être quatre cent mille hectares, soit un dixième des surfaces cultivées, et moins de la cent cinquantième partie de l'Algérie. Il ne faut point oublier l'élevage : En chaque année de sécheresse notre cheptel est décimé. Nos progrès depuis la conquête, en ce qui concerne les ovins, sont nuls ; le nombre de nos moutons oscille de 6 à 10 millions de têtes : « c'est à peine si nous utilisons 1/15 des immenses pâturages du « sud, faute de points d'eau ; notre cheptel ovin pourrait être décuplé si les pluies

« étaient plus abondantes, plus régulières. » (1) Ajoutons que nos oasis pourraient accroître singulièrement le nombre de leurs palmiers.

Au M'Zab tous les barrages sont faits

Il est d'ailleurs une région du sud qui, depuis longtemps déjà, a aménagé tous les ouvrages de retenue et multiplié les barrages sur chaque ravin, de façon à ne rien perdre du précieux liquide lorsque par bonheur un orage éclate : c'est le M'Zab. Et cependant les habitants ou Mozabites ont vu le moment où ils allaient être contraints d'abandonner le pays ; pendant sept ans l'affreuse sécheresse a sévi. Rappelons que plus de trois mille puits ont été creusés par ces laborieux indigènes et de nombreux barrages édifiés.

Mais faut-il encore qu'il pleuve quelquefois pour que ces ouvrages puissent rendre les services que l'on en attend. Il faut donc accroître les pluies.

L'on ne saurait douter que les barrages que la Colonie va construire accroîtront considérablement sa richesse ; grâce à eux la culture du coton, de la betterave à sucre, des arbres fruitiers, donnera de gros profits. Heureux seront les détenteurs des terres irriguées : C'est un cadeau de plusieurs milliers de francs par hectare qu'ils vont recevoir. Mais le nombre des bénéficiaires sera assez limité. La production du blé sera tout aussi précaire que par le passé ; l'élevage du bétail de même ; les années de disette ne seront pas moins fréquentes, l'eau des barrages réservoirs sera, en effet, consacrée presque entièrement aux cultures riches, mais, les ressources du budget étant accrues, il sera plus aisé de soulager les misères. Il y a lieu de prévoir des périodes de deux et trois ans à pluies déficitaires pendant lesquelles une partie des barrages réservoirs ne seront pas entièrement remplis, par suite de l'époque tardive que l'entretien de leur capacité oblige à adopter pour la fermeture des vannes.

Si, au lieu de pluies d'orages copieuses, l'année comprend surtout des petites pluies, les ruissellements sont très faibles, les eaux n'amènent au barrage qu'un afflux insuffisant. D'où résulte que, même dans une année qu'on ne saurait qualifier de sèche, le remplissage des réservoirs n'est pas toujours assuré.

Ici encore ne voit-on pas que, tout comme pour les céréales, le bétail, l'extension des cultures sur de nouveaux territoires, c'est l'accroissement des pluies qui est l'œuvre fondamentale à réaliser ?

Les centres pluvigènes des cîmes accroîtront l'utilisation des barrages réservoirs et des barrages de dérivation

Dans la première édition de cette brochure, nous nous sommes borné à envisager l'aménagement des centres de coordination à créer au milieu des plaines et des plateaux ; une étude plus complète des phénomènes de la nature nous amène à conclure que les hautes montagnes sont tout particulièrement aptes à l'implantation de centres de coordination à pluies bien plus fréquentes, mais plus locales ; ces centres permettraient d'accroître largement l'utilisation des barrages de dériva-

---

(1) Vauvy. — « Bulletin Agricole de l'Algérie et de la Tunisie », 15 mai 1918.

tion, ainsi que celle des barrages réservoirs ; et dès lors, sans doute, il deviendrait inutile de prévoir que certains d'entre eux auront une contenance triple de celle que chaque année à pluviosité moyenne peut leur apporter.

Ce système qui devait être inauguré pour le barrage de l'Oued-Fodda offre, certes, des avantages considérables, mais il présente aussi de redoutables aléas. Aucune voix ne s'étant élevée jusqu'ici en Algérie pour les signaler, je crois devoir le faire.

Il y a, en tout premier lieu, à penser à l'accroissement considérable des dangers de rupture.

Ecueils des barrages — Rupture et envasement

Pendant longtemps ces dangers ont paralysé l'Administration et c'est pourquoi pendant plus de quarante ans elle n'a pas construit un seul barrage réservoir. Cette menace paraissait si redoutable que l'éminent ingénieur en chef des Ponts et Chaussées Duponchel, dans son ouvrage « Théorie des Alluvions Artificielles » publié en 1882, après avoir signalé plusieurs cas de rupture : réservoirs du Plessis et de Bertrand en France, Scheffield en Angleterre, de Puentès en Espagne, de Tabia, de l'Habra en Algérie, disait : « Après ce nouvel exemple venant s'ajouter à « tant d'autres, il est à espérer qu'il ne se trouvera plus un ingénieur osant proposer « l'établissement d'un réservoir-barrage de quelque importance, en plein lit de ri- « vière torrentielle. » (1)

Notons qu'il s'agissait là de barrages de modestes capacités, ne dépassant pas trente mètres de hauteur, et que depuis se sont produites en Algérie d'autres ruptures : Celles du barrage du Grand Cheurfa, du Sig et à nouveau de l'Habra.

De plus, dans les cinq à six barrages existants, les capacités initiales allaient en décroissant rapidement grâce à l'afflux des vases. La réserve de l'Administration n'était donc pas sans fondement.

Le problème de l'eau a été l'incessante préoccupation de tous les gouverneurs généraux de l'Algérie

C'est bien à tort qu'on a donné à entendre, lors de la pose d'une borne de repère dans les gorges de l'Oued-Fodda par M. le Gouverneur général Steeg, le 10 novembre 1924, que ses prédécesseurs n'avaient pas compris que la question de l'eau était primordiale en ce pays. Il n'en est aucun, sûrement, qui n'ait eu le souci de résoudre ce grand problème, il suffit pour s'en convaincre de parcourir la collection des « Exposés Annuels de la Situation Générale de l'Algérie. » J'entends encore les doléances qui accueillaient M. le Gouverneur Général Laferrière à chaque arrêt dans son déplacement de Ténès à Orléansville : colons et indigènes ne prenaient la parole que pour indiquer le nombre de têtes de bétail qu'ils avaient perdues faute d'eau à boire, l'année ayant été sèche. Je vois encore quelle oppression étreignait cet éminent gouverneur en entendant ces litanies plaintives. Pour résoudre le pro-

---

(1) *Théorie des Alluvions artificielles*, par A. Duponchel, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, p. 242 et 243.

blème de l'eau, il fit appel à tous : Européens et Indigènes. Même dans les centres les plus reculés furent instituées des commissions locales appelées à signaler les ressources en eau, les besoins non satisfaits, les mesures à prendre pour remédier aux pénuries. Mais, de toute cette vaste enquête, dont j'ai eu le dossier en mains comme rapporteur, rien ne subsista.

Après le départ de M. Laferrière, la Commission Générale ne fut plus réunie. On ne tint aucun compte des travaux faits par elle. Ainsi qu'on va le voir, ce fut là une chose des plus fâcheuses pour l'Algérie.

Dans son rapport du 12 novembre 1899 la Sous-Commission Centrale d'Hydraulique Agricole, laquelle comprenait MM. le Colonel Corps, Lamur et Dessoliers, se ralliant à un vœu émis par la Commission de l'Arrondissement d'Orléansville, avait demandé l'institution d'une journée de prestations spécialement consacrée aux travaux d'aménagement d'eau d'irrigation ou d'alimentation.

D'autre part, après que M. Dessoliers eût exposé la méthode qu'il avait employée dès 1883 pour créer une première source artificielle à la ferme du cap Kala, à 13 kilomètres à l'Ouest de Ténès sur le littoral, une autre Sous-Commission avait été chargée de faire un rapport sur la création des sources. Elle comprenait MM. Lecq Rouanet, de Vialar et Dessoliers.

Il n'est point douteux que, si la Commission Centrale avait été appelée à continuer son œuvre, quelques sources auraient été créées dès l'année 1900 et actuellement il y en aurait des milliers distribuées sur tout le territoire de l'Algérie.

C'est aux forêts que M. le Gouverneur Général Jonnart voulait demander l'accroissement des eaux

Au lieu de recueillir les eaux de ruissellement dans les barrages réservoirs pour assurer l'irrigation des terres, ou de les faire pénétrer dans le sous-sol pour multiplier les sources, ainsi que je le demandais depuis si longtemps déjà, c'est aux forêts que M. le Gouverneur Général Jonnart crut possible de demander l'accroissement des eaux nécessaires à l'alimentation des êtres et aux besoins des cultures. M. Jonnart se préoccupait donc, lui aussi, de la question des eaux, mais il pensa devoir faire litière de la politique hydraulique de son prédécesseur.

Il en est trop souvent ainsi à chaque changement de gouverneur : M. Steeg a suivi les mêmes errements : Chaque nouveau gouverneur, même s'il ne connaît rien au pays, nous apporte son programme et l'impose à l'Administration algérienne, et cela sans tenir le moindre compte de l'expérience si chèrement acquise.

M. Jonnart voulait demander aux forêts l'accroissement spontané des sources. Or sur les neuf dixièmes de l'étendue de la colonie, et tout particulièrement dans les territoires arides, elles les diminuent ou les tarissent. C'est qu'en effet la résultante des diverses actions exercées par la forêt, les unes favorables aux sources, les autres nocives, dépend du rapport entre la puissance de l'évaporation et la quantité d'eau de pluie. Ce rapport diffère du tout au tout d'une contrée à l'autre : à Paris il est de 1,4 ; sur les Hauts-Plateaux de l'Algérie il atteint 10,5. Cela importe peu aux néo-débarqués, seules les pluies les intéressent ; ils tiennent l'évaporation pour chose négligeable, ce qui vicie radicalement toutes leurs conclusions.

Après publication de ma brochure « Contributions diverses à l'Hydrogénèse » en 1908, Administration et public furent surpris de me voir affirmer nettement que sur la majeure partie des territoires de l'Algérie les forêts diminuent les sources ou les assèchent. Mais les faits que j'avais cités, celui des Oulad Ramoun notamment (page 84), où l'on voit une source débitant plus de 600 litres à la seconde engendrée par des massifs rocheux absolument nus sans un pouce de terre ni un brin d'arbuste, se montraient si probants que l'Administration était revenue depuis à une toute autre appréciation ; et la Commission d'Hydraulique, chargée par M. le Gouverneur Général Lutaud de prendre connaissance de mes divers mémoires, n'a pas craint de conclure comme suit, dans son rapport du 10 Janvier 1914 confirmé le 26 mai 1921 : « *On peut affirmer avec M. Dessoliers que les forêts n'ont point* « *en ce pays sur les sources et sur les pluies l'influence qu'on était porté à leur* « *accorder.* »

Dans son discours du 10 novembre 1924, prononcé dans les gorges de l'Oued Fodda, M. Steeg, faisant litière des constatations recueillies par les services techniques de la colonie depuis près d'un siècle que nous sommes ici, n'a pas craint d'affirmer catégoriquement : « Que chacun se convainque bien que planter des arbres « c'est presque creuser un puits ; c'est mettre de l'eau en réserve dans le sol. » Or c'est là une erreur complète ; nous en donnerons de multiples preuves dans la partie de cet ouvrage consacrée aux sources. Bornons-nous ici à rappeler quelques constatations capitales :

1° De tout temps l'homme a boisé les marais pour les assécher et là où il a laissé disparaître les bois les marais ont reparu ;

2° Partout où il a sondé les terrains sous forêt et hors forêt, tant en Russie qu'en France et aux Indes, il a reconnu que le niveau des eaux était plus bas sous les bois qu'au dehors. D'où il faut conclure que la résultante des multiples actions exercées par la forêt c'est l'assèchement du sol ;

3° Les plus belles sources de l'Algérie sont dues à des massifs rocheux, sans terre, sans humus et, par suite, sans arbres. Telle est la source de l'oued Bou Merzoug, près des Oulad Ramoun, qui débite 600 litres à la seconde. Ce n'est d'ailleurs point spécial à l'Algérie : En France par exemple, la Fontaine de Vaucluse, les sources des Causses sont dans ce cas.

4° Des sources ont disparu après boisement et ont retrouvé leur débit, une fois soustraites au prélèvement par les racines. Tel est le fait observé par Darcy, que cite l'ingénieur des Ponts-et-Chaussées Debauve (1).

La conclusion qui s'impose est qu'il importe de ne pas boiser les terrains où émergent des sources. Par contre, en revêtant d'un manteau forestier les massifs n'engendant aucune source, on ne peut que faire œuvre utile ; l'on embellit le pays et l'on fertilise les terrains sans valeur.

(1) *Manuel de l'Ingénieur des Ponts et Chaussées*, 1875, 16e fascicule, p. 108.

Boisement des bassins hydrographiques des barrages réservoirs

D'autre part, les ruptures des barrages, les progrès de l'envasement avaient conduit l'Administration à conclure qu'il ne serait plus construit un seul barrage sans avoir, au préalable, boisé les versants de son bassin hydrographique, de façon à diminuer l'apport de vases ainsi que l'impétuosité des flots après un grand orage. Tout cela est devenu lettre morte.

Quant aux dangers de ces ouvrages il n'en est plus question : Au lieu de craindre comme par le passé les dangers de rupture que présentent des barrages de 20 à 30 mètres de hauteur et de 10 à 30 millions de mètres cubes de capacité, c'est un barrage de 100 mètres de hauteur et de 300 millions de mètres cubes que l'on avait décidé de construire, il y a quelques années, à l'oued Fodda. Or, malgré les progrès de la technique en ce qui concerne le corps même du barrage, l'aléa dans la tenue des berges et du lit persiste, et il est impossible d'affirmer qu'un barrage ne sera jamais détruit ou contourné.

Irresponsabilité en cas de rupture

Un concours a eu lieu pour ce barrage ; un projet a été adopté. Les responsabilités en cas de rupture vont-elles retomber sur le concurrent élu ? Il n'en est rien : L'entrepreneur est responsable de la qualité des matériaux, des soins apportés à leur emploi ; mais les barrages ne sont pas toujours rompus par insuffisante tenue des maçonneries, souvent ce sont les berges et parfois les fonds qui, peu à peu grâce aux infiltrations, se désagrègent.

« C'est ainsi qu'au réservoir des Grands Cheurfas, d'une contenance de 18 « millions de mètres cubes, le 8 février 1885 les eaux emportèrent, non pas l'ouvrage « lui-même, mais le côteau de rive droite où il était encastré et dont les marnes ne « purent résister à la charge d'eau. L'énorme masse liquide, s'échappant par une « brèche de 40 mètres de largeur, atteignit bientôt le réservoir de Saint-Denis, d'une « contenance de 3 millions 275 mille mètres cubes, le remplit en un instant, déversa « par-dessus le barrage par une lame d'eau de plus de 5 mètres d'épaisseur, et dé- « finitivement l'emporta. » (1)

Le barrage des Cheurfas a été restauré et il a fallu porter de 102 à 216 mètres la largeur de son couronnement. Notons que l'emplacement avait été étudié par un de nos plus éminents géologues, M. Pomel ; mais il y avait une petite faille qui n'avait pas été aperçue. L'on conçoit en effet, quelles difficultés, quelles impossibilités il y a à s'assurer si les berges ne présentent aucune fissure dissimulée par les éboulis multiséculaires.

Causes diverses de rupture

I° *Ruptures dues aux pluies torrentielles*

L'historique des ruptures successives du barrage de l'oued Fergoug comporte de très utiles enseignements ; il importe beaucoup qu'on les mette à profit et c'est pourquoi nous ne craignons point d'apporter des précisions sur les causes de ces ruptures.

---

(1) BONNET. — *Cours de barrages*, p. 407.

Ce barrage fut construit de 1866 à 1871. Sa longueur totale était de 316 mètres ; il était flanqué d'un déversoir de 125 mètres de longueur : « On avait admis que la « lame déversante ne dépasserait pas 1 m. 60 par les plus fortes crues. Dès 1872, un « mois à peine après l'achèvement de l'ouvrage, une première crue montra que ces « prévisions étaient fausses en provoquant une lame de 2 mètres qui endommagea le « déversoir sur 50 mètres de longueur. Le 16 décembre 1881, une crue plus forte « porta cette hauteur à 2 m. 25 et le barrage fut emporté sur une hauteur de 20 « mètres à partir du sommet ; la vallée fut dévastée et 400 personnes trouvèrent « la mort. » (1)

Le 26 novembre 1927 à 11 h. 20, la lame déversante atteignit 3 m. 85 et le barrage fut emporté. Ce fut un grand désastre ; il eût été beaucoup plus grave si la rupture s'était produite de nuit, c'est-à-dire si M. Avagnes, ingénieur des T.P.E. à Perrégaux, n'avait pas donné *vingt heures plus tôt l'ordre d'ouvrir les évacuateurs* ; très sûrement il y aurait eu bien des morts à déplorer.

Il ne sera point sans intérêt de dire quelle est la quantité de pluie qui était tombée lorsque se produisit la rupture. Nous en trouvons le détail rigoureux dans le bulletin d'août 1928 de la Société Astronomique de France, sous le titre « Les inondations en Algérie. » (2)

A la page 408 figure un tableau donnant les pluies tombées du 23 au 29 novembre 1927 dans les diverses stations du bassin hydrographique du barrage. Arrêtons les additions à l'instant de la rupture le 26 novembre à 11 h. 20, en supposant que toutes les eaux tombées depuis le 23 se soient accumulées et qu'elles soient arrivées au barrage sans s'écouler par les évacuateurs. Choisissons les localités qui ont reçu le plus d'eau. Nous constatons que les pluies totales au moment de la rupture atteignaient 182 millimètres à l'oued Fergoug, 213 à Mascara, 178 à Aïn Fekan et 133 à Franchetti.

Ce tableau montre que jusqu'au 25 novembre à 7 heures les précipitations ont été, dans l'ensemble, faibles ou moyennes. Elles ont pris de l'importance dans la journée du 25. C'est dans la nuit du 25 au 26 que la pluie a tourné soudain au déluge : Au cours de cette nuit-là, entre 18 heures et 7 heures, soit en 13 heures, on a recueilli d'après ce même tableau 144 millimètres au barrage même, 132 à Mascara, 113 à Aïn-Fekan, et beaucoup moins dans les autres stations.

Nous trouvons nous là en présence de pluies vraiment extraordinaires ? Il importe, pour fixer l'opinion, de reproduire quelques chiffres de grandes quantités de pluie tombées dans un court espace de temps. Bornons-nous à la France et à l'Italie :

---

(1) Bonnet. — *Cours de barrages*, p. 408.

(2) Par Mme J. Malbos, Calculatrice au Service Météorologique d'Alger (Université).

LOCALITÉ	DATE	PLUIE mesurée en m/m	TEMPS correspondant	PLUIE par heure en m/m	SOURCE du renseignement
Perpignan	29 août 1855	155	1 h. ½	102,3	Traités de météorologie de Angot et de Hann.
Perpignan	11 octobre 1862	233	7 h.	33,0	—
Molitg les Bains. (Pyrénées Orient.)	20 mai 1866	313	1 h. ½	209,0	—
Marseille........	1er octobre 1892	210	3 h. 51	54,0	—
Montpellier	11 octobre 1862	233	7 h.	33,0	—
Montpellier	12 juillet 1908	108,6	53'	123,0	Annuaire octobre 1909 Société météorologique de France.
Riposto......... (Sicile)	17 novembre 1908	465	1 jour	19,0	Traités de météorologie de Angot et de Hann.
Riposto.........	18 novembre 1908	206	1 jour	8,6	—
Riposto.........	17 et 18 nov. 1908	671	2 jours	13,8	—
Gênes	25 octobre 1822	812	1 jour	34,0	—
Joyeuse .... (Ardèche)	9 octobre 1827	792	22 h.	36,0	—
Valleraugue ..... (Gard)	»	950	1 jour	40,0	Annuaire tome 69, 1922-1923, p. 54. Sté Météorologique de France.

Ainsi qu'on le voit, les pluies qui ont emporté le barrage, pluies ayant atteint *en 13 heures* 144 millimètres à l'oued Fergoug, 132 à Mascara, 113 à Aïn-Fékan, ne sauraient être classées comme extraordinaires ; il peut s'en produire de beaucoup plus fortes.

D'autre part l'on ne peut demander aux ingénieurs d'adopter comme base de leurs calculs la pluie maxima possible : Il faudrait prévoir plus d'un mètre en un jour ! mais alors les travaux deviendraient irréalisables ou, du moins, par trop coûteux.

Au fond, l'écueil ici est dû à l'importance du bassin hydrographique, lequel paraît atteindre 850.000 hectares : Si le barrage est établi trop haut dans le bassin on s'expose à ce qu'il ne se remplisse que rarement, et si on l'établit trop bas un jour vient où la masse d'eau qui afflue emporte l'ouvrage !

En réalité, on ne peut affirmer qu'un barrage ne sera jamais enlevé. D'autre part ces ouvrages rendent de si grands services que l'on ne saurait trop les multiplier mais, sauf tenues exceptionnelles des berges et du lit, ce qui n'est pas le cas à l'oued Fodda où l'on a été contraint de changer d'emplacement, il faudrait proscrire absolument les trops grandes capacités.

Ce serait, d'ailleurs, une erreur de croire qu'un plus complet boisement du bassin hydrographique écarterait tout danger ; ce serait se faire une singulière illusion : Ce boisement plus complet empêchera bien les érosions ; il diminuera bien, de ce chef, l'apport des vases au barrage et rendra de réels services ; il atténuera aussi les petites crues. Mais son influence sur la rétention des pluies, pour des chutes météoriques de l'ordre de celles tombées à l'oued Fergoug du 23 au 29 novembre 1927, sera absolument négligeable.

Bien des fois déjà on a examiné la question de savoir si la forêt empêchait les grandes inondations. Voilà des siècles que Paris débat la question pour sa propre sécurité. Il est certain à cette heure que l'efficacité des boisements est à peu près nulle, quoi que l'on ait dit à M. le Gouverneur Général Bordes.

En 1905 s'est tenu à Milan le X[e] Congrès de l'Association Internationale Permanente des Congrès de Navigation. La question de l'influence des boisements sur les inondations y a été traitée à fond par des chefs de service de l'Autriche, de l'Italie, de l'Allemagne, MM. Keller, Conseiller privé de l'Intendance des bâtiments, Ponti, ingénieur en chef du génie civil en Italie, Wolfschutz, conseiller agricole en Autriche, Lauda, conseiller supérieur au Ministère de l'Intérieur, directeur du Bureau Central d'hydrographie de l'Autriche.

D'après ces quatre éminents rapporteurs, l'influence de la forêt pour prévenir les inondations est nulle ou presque négligeable, car ces inondations se produisent après saturation du sol des forêts par les averses préliminaires, ce qui nécessite tout au plus 7 à 8 centimètres de pluie, si bien que les forêts laissent alors s'écouler l'eau comme si elles n'existaient pas. De nombreuses observations sont citées à l'appui de ces affirmations ; on les trouvera dans la brochure de A. Boutquin : « l'Asie Centrale. La question du dessèchement » (Bruxelles 1910).

Cette même influence négligeable de la forêt sur la rétention des eaux lors d'une période très pluvieuse vient précisément d'être traitée par M. Henry Defert dans la Revue du Touring-Club de France (Février 1929). Ce dernier reconnaît que la forêt de haute et moyenne altitude ne constitue qu'une protection relative et assez précaire contre les inondations des vallées et des plaines, tout en reconnaissant sa grande utilité pour empêcher le ravinement.

Rappelons que l'éminent ingénieur Belgrand, Membre de l'Institut, Inspecteur général des Ponts-et-Chaussées, dans sa magistrale étude « La Seine » (Paris 1875), conclut de ses multiples observations que les bois ne retiennent pas les eaux. Voici ce qu'il dit, page 398 : « Longtemps j'ai pensé, comme tout le monde, que les « bois retardaient l'écoulement des crues, et qu'ainsi le régime de la Seine avait « dû subir, par l'effet du déboisement, de profondes modifications. C'est pour ainsi « dire malgré moi et par une longue observation des faits, que j'ai été entraîné dans « une opinion contraire, en constatant pendant de longues années que les crues des « cours d'eau du Morvan, région encore couverte d'immenses forêts, n'étaient ni « moins violentes, ni moins rapides que celles qui proviennent de l'Auxois, région « déboisée.

« J'ai donc cherché à résoudre ce difficile problème par des observations et à sortir ainsi de l'incertitude dans laquelle je me trouvais. »

D'autre part, F. Vallès, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, a consacré à cette si importante question un volume de plus de cinq cents pages, intitulé « Etudes sur les Inondations » (Paris 1857) et il conclut ainsi (page 477) son chapitre VI relatif à l'influence des forêts : « Contrairement aux idées généralement accréditées, « le déboisement nous donne : plus de pluie dans l'année, moins d'eaux torrentiel- « les, plus de blé. »

Je ne me range pas aux avis de Vallès, mais j'ai tenu à marquer fortement que c'est une illusion absolue de croire que la forêt empêche les inondations. Celles-ci étaient aussi graves lorsque la Gaule était entièrement couverte de forêts, ainsi qu'en témoignent les six volumes consacrés par M. Maurice Champion à l'étude des inondations en France, volumes publiés à Paris de 1858 à 1864 : « A toutes les « époques, dit-il, notre pays a eu à souffrir d'inondations non moins effroyables. »

Goutereau, de Martonne, Lemoine estiment, eux-aussi, que le boisement ne s'oppose pas à l'inondation.

2º Tremblements de terre

Il est une autre cause de destruction qu'il faut aussi prévoir au cours des siècles, ce sont les tremblements de terre. Ils peuvent entraîner un mouvement, une fissuration des berges ; et si la rupture se produit à réservoir plein, on voit quel serait le désastre dans le cas d'un immense barrage réservoir.

Lors de la rupture de la digue de South-Forck en amont de Johnston (Amérique) le flot franchit en 17 minutes les 19 kilomètres entre le réservoir et cette ville ; le nombre des victimes fut de dix mille. Il s'agit là d'un réservoir renfermant 45 millions de mètres cubes (1).

Rappelons qu'à la suite d'un tremblement de terre un Niagara a disparu (2).

Nul n'ignore combien est grande la fréquence des trépidations du sol en Algérie. Mais il y a lieu de rappeler les désastres causés par les grands tremblements de terre depuis quelques siècles : Alger 1676-1716, Oran 1790, Blida 1825, Constantine, Djidjelli, Bougie, 1856, Blida, Mouzaïa, El-Affroun 1867, Cherchel, Ténès, Gouraïa, Villebourg 1893, Cavaignac 1922 et en 1924, région de Boufarik.

Autre fait très peu connu, signalé dans «L'Algérie» du 12 novembre 1924 par M. H. Murat, Géo-Hydrologue à Alger : « Les Gênois avaient autrefois construit « dans la plaine de la Mitidja une ville qui fut engloutie tout entière dans un trem- « blement de terre. »

Le danger des séïsmes n'est donc pas pure chimère et lorsqu'il s'agit d'une œuvre aussi énorme que le barrage de l'Oued Fodda, de 300 millions de mètres cubes de capacité, et pis encore du futur barrage d'Amouràh, de 700 millions, il est indispensable de réfléchir aux éventualités de l'avenir.

L'envasement

La vase est le plus grand ennemi des barrages réservoirs en Algérie. De tous les barrages de ce genre construits dans ce pays, celui du Hamiz est sans doute le seul qui se soit maintenu, à un ou deux millions de mètres cubes près, à sa capacité initiale. Le barrage du Tlélat est plein de vase, celui de l'oued Fergoug (Habra) avait eu sa capacité réduite de moitié par les apports de limon ; celui de la Djidiouïa contient 4/5e de vase et 1/5e seulement d'eau. Au Hamiz on n'a pu combattre l'envasement qu'en sacrifiant une notable quantité d'eau chaque automne, au risque d'avoir un barrage presque vide si l'hiver et le printemps suivants sont peu pluvieux (3).

Il y a là, en effet, pour les ingénieurs un problème redoutable : Fermer les vannes d'évacuation dès le mois d'octobre, c'est s'exposer à emmagasiner d'énormes quantités de vase si l'année est pluvieuse. Attendre janvier pour effectuer cette fermeture, c'est s'exposer, si l'hiver et le printemps sont secs, à ce que le barrage ne contienne que peu d'eau et porter ainsi un grave préjudice aux irrigants.

---

(1) *Cours de barrages*, par E. Bonnet, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, p. 621.

(2) *Cosmos*, 2 janvier 1913.

(3) A. Antoine, Ingénieur des T.P.E., à Alger, «l'Armée d'Afrique», mai 1924, p. 168.

Avantages et inconvénients des barrages réservoirs de capacité double ou triple du débit moyen de l'oued y affluant

La non utilisation des vases est une véritable hérésie au point de vue agronomique, une lourde perte

La mode qui régnait en Algérie en 1924 était de vouloir construire des barrages d'une capacité double, triple de celle qui serait normalement remplie en année moyennement pluvieuse et d'emmagasiner toutes les vases. Dès lors le barrage ne sera complètement envasé qu'après un délai fort long ; de plus on bénéficie de toutes les eaux des années très pluvieuses ; enfin la puissance mécanique utilisable, grâce à la plus grande hauteur du barrage, est notablement accrue.

Ce sont certes là de précieux avantages ; mais retenir ainsi toutes les vases, au lieu d'en distribuer une grande partie sur les terrains, est une véritable hérésie économique.

Il est facile, sans donner à l'eau une vitesse considérable, de lui faire transporter 2 % de son volume de limon, ainsi que cela résulte des mesures prises sur le canal de la Durance à Marseille. Ce limon était estimé valoir avant la guerre 2 fr. 50 le mètre cube. L'irrigation d'un hectare dans nos climats nécessite l'emploi, d'après les données actuelles, de 5 arrosages de 1.200 m. c., soit 6.000 m. c., dans les terres argileuses, en envisageant les cultures suivantes : coton, cultures maraîchères, luzernières, maïs. Ces 6.000 m. c., d'eau pourraient apporter 120 m. c. de limon (au taux de 2 % indiqué ci-dessus), soit 300 francs par hectare au prix d'avant-guerre et 1.500 francs à cette heure ; d'où une perte totale annuelle de 24 millions pour les 16.000 hectares irrigables par l'oued Fodda, ou tout au moins de 12 millions si la teneur moyenne en limon est réduite à 1 %.

L'on voit quel intérêt s'attache à la distribution des vases sur les eaux d'irrigation : Elles vont permettre d'améliorer toutes les terres trop pauvres. Rappelons-nous ce que disait Mille, Inspecteur général des Ponts et Chaussées : « Pour nous « le type de l'éternelle fécondité, c'est l'inondation de la vallée du Nil. Le fleuve a « formé le sol de l'Egypte avec le limon arraché au plateau d'Abyssinie par le Nil « Bleu et l'Atbara. » (1)

La fertilité de la vallée du Nil est bien due uniquement à ce limon ; aussi les poètes égyptiens le qualifient-ils de divin. On recouvre également de cette précieuse matière les terrains que l'inondation n'atteint pas, tout comme on met une couche de fumier sur les terres en Europe pour les fertiliser. L'expérience acquise dans les oasis confirme combien précieuses sont les eaux troubles chargées de vase. C'est vouer à la stérilité les terrains perméables que de les arroser avec des eaux claires, à moins qu'on ne leur distribue une surabondance d'engrais.

Outre ce grave inconvénient, le fait d'adopter des barrages de capacité double ou triple de celle strictement nécessaire entraîne une forte augmentation de dépenses et, fait beaucoup plus grave, un gros accroissement de danger.

Les populations riveraines des lits que suivront les eaux en cas de rupture du barrage seraient fondées à protester énergiquement contre le danger que l'on sus-

---

(1) *Le Nil et la Civilisation Egyptienne*, par A. Morat, p. 33.

pend ainsi *à perpétuité* sur leurs biens et leurs personnes, sans qu'il y ait nécessité absolue. Pour faire grand on les expose à de véritables désastres. Tout au moins conviendrait-il de prendre toutes les mesures utiles pour limiter au minimum les pertes de vies humaines ; il faudrait notamment installer les douars et les centres de colonisation en dehors de la zone inondable et, là où la chose se peut, construire quelques refuges aptes à résister aux flots en cas d'inondation, ainsi que le recommande avec juste raison Duponchel dans le volume consacré à la «Théorie des alluvions artificielles.»

Méthode de dévasement proposée dès 1883 par l'auteur et complétée en 1898

Est-il vraiment indispensable de construire des barrages réservoirs pouvant contenir le double ou le triple du débit moyen des oueds ? Ne peut-on, par une méthode simple, assurer l'évacuation des vases en excès et, d'autre part, distribuer des eaux fertilisantes sur les terrains à irriguer ? Nous sommes pertinemment convaincu du contraire et avons décrit dans nos brochures « Notes sur le dévasement ; et l'agrandissement des barrages réservoirs» (1883), «Notes sur l'aménagement des eaux» (1898), la méthode à employer :

Une crue arrive, les eaux troubles arrêtées par le mur perdent leur vitesse et se décantent, les vases se déposent au fond. Pendant 12, 24, 36 heures — ceci dépend de l'alcalinité des eaux — les vases s'étalent suivant les lignes de thalweg, coulent dans les dépressions ; et ce n'est qu'après deux, trois journées qu'elles prennent un degré de cohésion suffisant pour s'immobiliser.

C'est pendant cette période qu'on peut évacuer économiquement l'excédent de vases. Que faut-il pour cela ? Avoir aménagé au préalable au fond du réservoir, suivant les lignes de thalweg, un tunnel muni de branchements avec bondes de fond : Cette conduite maîtresse sera armée, à son extrémité aval dans le mur du barrage, d'une vanne d'évacuation facilement maniable grâce à la commande par pression hydraulique ; 12 ou 24 heures après chaque crue, on lève la vanne pendant un temps plus ou moins long, tant que les eaux sont surchargées de limons, puis on l'abaisse et l'on recommence cette opération deux ou trois fois, à intervalles plus ou moins distants, tant que la chasse est fructueuse.

Nous ne croyons pas que l'on puisse sortir de ce système, tant il est rationnel et simple. Finalement l'Administration l'adoptera dès que j'aurai disparu.

En ce qui concerne les vases anciennes, c'est aux tuyaux flottants submersibles avec turbine à l'extrémité, décrits dans la brochure de 1883 et le brevet du 10 mars 1882, que l'on pourra recourir avec grand profit (1). Ce système permettrait même d'agrandir la capacité de bien des barrages.

Ainsi que nous le voyons, au point de vue agricole, la combinaison qui consiste à construire des barrages trois fois plus importants que ne le comporte le débit moyen de l'oued présente de graves inconvénients. Elle aura pour effet de diminuer

(1) Grâce à ce système, on peut distribuer les vases dans les eaux d'irrigation au prorata des besoins des cultures et, suivant le moment, débiter les eaux très chargées ou à peu près claires.

le rendement des récoltes et de ruiner les terres perméables. D'autre part, les ruptures, si elles se produisent à barrage plein, peuvent entraîner de véritables calamités.

Avantages et dangers des barrages de grande hauteur

Mais, dira-t-on, ne comptez-vous pour rien l'accroissement considérable de force motrice que va donner un barrage de grande hauteur ? Cela permettra de distribuer l'éclairage, la force motrice, en un mot d'électrifier les campagnes.

Certes ce programme est fort séduisant ; mais ne serait-il pas préférable de faire servir toutes les eaux à l'irrigation et de recourir pour l'électrification à une autre source d'énergie, notamment houille, puis vent, chaleur solaire, dès que les méthodes proposées auront été mises au point ?

Quoi qu'il en soit, un très grand barrage réservoir à travers un oued torrentiel constitue un si redoutable danger pour les localités situées à l'aval qu'il m'a paru utile d'appeler l'attention sur les mesures à prendre pour y soustraire les populations vivant dans la zone inondable. Je n'ai pas encore perdu le souvenir des malédictions que suscitèrent les ruptures des barrages de l'oued Fergoug, des Grands Cheurfas et du Sig.

Malgré tous les progrès réalisés dans la construction des barrages, il ne faut pas oublier qu'il n'est aucun mur qui soit imperméable ; un peu d'eau filtre à travers, ce qui à la longue peut entraîner une sérieuse diminution de résistance des mortiers puis une rupture. Cette attaque des mortiers dépend de leur composition et de celle des eaux ; il y a là une inconnue pour chaque barrage.

Malgré les soins minutieux apportés à la construction du barrage du Hamiz et le très long délai de son remplissage en eau, une lézarde se produisit de haut en bas du mur ; des suintements qui réunis donnaient au début un litre à la seconde se transformèrent en une source de 200 litres, puis, à barrage plein, de 700 litres à la seconde (1). C'est à l'insuffisante tenue des terrains sur lesquels repose le barrage qu'était due cette source qui menaçait d'entraîner la chute de l'ouvrage.

Ainsi que le dit M. F. Bonnet dans son « Cours de Barrage » : « C'est aux divers « accidents survenus que l'on doit les améliorations qui ont été successivement « apportées aux formes et aux méthodes de calculs. C'est à la suite des mouve- « ments inquiétants des barrages de Chazilly et de Grosbois qu'on a été conduit à « la considération capitale du travail maximum à la compression. C'est après la « rupture de celui de l'Habra qu'on s'est interdit tout travail d'extension sur la « paroi amont. C'est enfin après l'accident du Bouzey que l'on s'est imposé la règle « d'avoir sur le parement amont en charge, un travail de compression au moins « égal à la pression hydrostatique... L'expérience a ainsi imposé ses règles... Il n'en « faut pas moins ne pas perdre de vue qu'on a à faire à l'eau, c'est-à-dire à un puis- « sant agent de destruction s'attaquant à la fois à la masse des ouvrages qu'elle « tend à renverser et à affouiller et à la qualité de leur maçonnerie qu'elle désagrège « lentement en les pénétrant. » (2)

---

(1) *Barrage réservoir du Hamiz*, par M. R. Hanric, p. 134 et 135.

(2) Bonnet. — *Cours de barrages*, p. 413.

Il est bon de signaler, en outre, que dans ce pays d'Algérie quelques jours d'un violent sirocco peuvent modifier du tout au tout les conditions de prise des mortiers, malgré les plus minutieuses précautions adoptées pour maintenir leur constante humidité. Il y a sûrement là une cause qui s'oppose à la parfaite homogénéïté des maçonneries et peut donner naissance à des différences de retrait d'un point à l'autre, à des fêlures.

Pour en terminer avec le barrage de l'Oued-Fodda, il nous reste à dire que ce n'est qu'après achèvement des fouilles, tant du radier que des parois latérales, que l'on saura si les terrains servant de base, si les roches servant de parois, présentent toutes les conditions de sécurité, de tenue, de résistance à l'érosion, aux infiltrations, requises par un ouvrage d'une telle envergure.

Sans doute l'expérience acquise en d'autres pays est-elle encourageante ? Le barrage d'Eléphant Butte (New-Mexico, E.U.) construit de 1911 à 1916, de 80 m. 50 de hauteur et de 3 milliards 250 millions de mètres cubes de capacité (1), fonctionne depuis 13 ans. L'épreuve est-elle d'assez longue durée pour donner toute sécurité ? Il est permis d'affirmer, catégoriquement, le contraire : A une échéance plus ou moins lointaine une pluie diluvienne pourra se produire, le barrage étant plein, démolir l'ouvrage et engendrer une catastrophe formidable. C'est une menace perpétuelle.

IIº PUITS ARTÉSIENS

En certaines régions ce sont les eaux géologiques qu'on épuise déjà à cette heure

Il n'est peut-être pas inutile de dire qu'on attribuerait à tort aux puits artésiens le pouvoir de résoudre le problème de l'eau dans le Sud. Il faut sur ce point s'en rapporter aux géologues chargés du service des forages.

Or, tous sont d'avis qu'en bien des territoires on a atteint la limite de la masse d'eau que l'on peut extraire des entrailles du sol. On épuise les réserves qui ont mis des siècles à se former. On crée de nouvelles oasis mais on en ruine d'autres. On fait baisser le niveau général des eaux souterraines.

Ainsi que le dit après nous M. Brives, professeur à la Faculté des Sciences d'Alger, « tout dans la nature, même les travaux indispensables à l'activité humaine, « tend à l'assèchement du sol. Est-ce trop de demander à l'homme de réagir et d'em- « ployer une partie de son activité à conserver et augmenter son patrimoine aquifère « en luttant contre l'assèchement ? » (2)

Dans une communication (3) au Congrès de l'Eau d'Alger (janvier 1928), le capitaine Moulias dit : « On voit donc combien est fausse l'opinion encore trop ré-

(1) Bonnet. — *Cours de Barrages*, p. 56.

(2) Brives. — *Considérations hydrologiques sur l'Algérie*, p. 22.

(3) Moulias. — *La législation des eaux dans les Territoires du Sud*. p. 9 et 7.

« pandue, surtout chez les indigènes, d'après laquelle les ressources en eaux arté- « siennes seraient inépuisables et il suffirait, pour augmenter le débit disponible, « de pousser la sonde à de nouvelles profondeurs ». En fait on déplace les palmeraies de l'amont vers l'aval : « Il y a dans l'Oued Rhir des régions qui prospèrent « et d'autres qui périclitent. La déchéance des secondes est la rançon du développe- « ment des premières. »

III° CENTRES PLUVIGÈNES

L'accroissement des pluies est l'œuvre fondamentale à réaliser

Les conclusions à tirer des chapitres antérieurs sont les suivantes : l'amélioration du régime des pluies, leur extension dans son empire nord-africain est pour la France d'un prodigieux intérêt. Le brûlant soleil dont bénéficient les diverses parties de cet empire, loin de constituer un obstacle à cette amélioration, peut en devenir le meilleur agent. Depuis bien des millénaires l'Afrique se dessèche tant au Nord qu'au Sud ; ce mouvement de progression des zones steppiennes se poursuit sous nos yeux. La multiplication des barrages ne suffit pas, même sur les littoraux, pour résoudre complètement le problème de l'eau, et bien moins encore pour permettre de conquérir à la culture les terres des hauts plateaux et les centaines de millions d'hectares stériles qui les séparent du Soudan. Finalement, l'accroissement des pluies est l'œuvre fondamentale à réaliser pour que cet empire nord-africain puisse remplir pleinement le rôle grandiose que sa situation, sa prodigieuse étendue, son splendide soleil, lui assignent.

On parle souvent de l'Afrique, grenier de Rome ; quels étaient donc les besoins de la ville des Césars ? On les a estimés à quatre millions de quintaux de céréales, que la Sardaigne, la Sicile, l'Egypte contribuaient aussi à lui fournir. En attribuant à l'Afrique moitié de la fourniture, ce qui est sûrement exagéré, cela ferait deux millions de quintaux. Les exportations de l'Algérie, à elles seules, dépassent souvent ce chiffre. Notre ambition doit être bien plus haute. Il serait vraiment temps que nous mettions à profit les progrès de la physique, de la météorologie, pour réformer les défectuosités de la nature. Il serait temps d'aborder la méthode expérimentale, au lieu de se borner à accumuler dans nos stations météorologiques des millions de chiffres.

En ce qui concerne l'Algérie, la Tunisie et le Maroc, il faudrait, tout d'abord, que chaque année elles suffisent à leurs propres besoins, au lieu de passer par des alternatives de prospérité et de misère ; en second lieu, qu'elles livrent à la France les quinze millions de quintaux de céréales qui lui manquent à l'ordinaire. L'accroissement des pluies, leur extension sur des parties chaque jour plus grandes de notre domaine nord-africain permettront d'atteindre ce résultat.

Pour se chauffer, actionner ses usines, l'homme extrait la houille des entrailles du sol et, à travers les terres et les mers, la distribue à des milliers de kilomètres des lieux d'extraction.

Pour se garer des intempéries, il construit des maisons dont l'édification nécessite l'intervention de cent industries diverses.

Pour se vêtir, pour se nourrir, il met à contribution la flore et la faune des continents et des océans, élève des troupeaux et cultive tous les végétaux utilisables.

Grâce à des siècles de persévérant labeur, il a expurgé, de millions et de millions d'hectares de terrain, leur végétation sauvage ; et, chaque année après labours, il dépose dans les terres ameublies des semences sélectionnées, aptes à donner de plus abondantes récoltes.

Ici s'arrête son intervention ; il attend ensuite, en vrai fataliste, que, tout comme une mère attentive, la nature distribue les pluies sur ses ensemencements au prorata de leurs besoins. Or l'anarchie la plus complète sévit seule dans le ciel : aux années pluvieuses succèdent inopinément les désastreuses sécheresses et, malgré un immense labeur, il reste exposé aux famines, aux pénuries de toutes sortes ; sa prospérité, sa misère, dépendent des caprices de l'atmosphère.

Alors qu'en cent directions diverses il a accompli de surprenants progrès, alors qu'il a réalisé tant de merveilleuses découvertes, résolu de si difficiles problèmes, tels que l'aviation, la navigation sous-marine, la télégraphie et la téléphonie sans fil.., se supposant à priori impuissant, il n'a point essayé encore d'exercer une influence quelconque sur la production des pluies.

Cette passivité, admissible peut-être en certains pays d'Europe vu la moindre fréquence des années déficitaires, est trop onéreuse sur cette rive de la Méditerranée, Algérie, Tunisie, de même qu'en cent autres régions, notamment au Maroc, au Sénégal, pour qu'il soit permis, sans rien avoir tenté, de la tenir pour inéluctable.

Voici vingt-et-un ans déjà, dans notre étude « Contributions diverses à l'Hydrogénèse » (1), nous disions (p. 89) que de toutes les questions que l'homme doit résoudre en ce Continent Africain pour assurer son existence, son avenir, la production des pluies est sûrement la plus importante ; que le très persévérant effort de puissantes Sociétés d'Etudes multipliées sur tous les points du globe devrait lui être exclusivement consacré. Notre appel n'a été entendu nulle part, pas même en Algérie, malgré la fréquence des sécheresses dont elle souffre.

Depuis quarante-neuf ans nous exerçons le métier de colon dans la région de Ténès. Nos terres bordent la mer et cependant, malgré leur situation, nous avons bien eu dix-huit mauvaises récoltes pour le moins, toutes dues à l'insuffisance des précipitations météoriques, tout comme il en a été sur la majeure partie des territoires de colonisation.

Sans cesse s'imposera sur cette rive de la Méditerranée l'interrogation suivante : Est-il vraiment impossible d'accroître la pluviosité ? Telle est l'une des deux questions auxquelles j'ai consacré le meilleur de mon labeur depuis cinquante-sept ans que je vis en Algérie ; l'autre vise à l'utilisation industrielle et domestique des radiations solaires.

Après étude de diverses combinaisons, j'ai abouti en 1908 à une solution que j'estime de plus fort, après vingt et un ans de nouvelles lectures et recherches, après discussions approfondies tant avec la Sous-Commission d'Hydraulique de

---

(1) **Bérenger, éditeur, Paris.**

l'Algérie qu'avec les examinateurs du Patent Office de Washington, être absolument satisfaisante. Elle permettra à l'homme de faire reculer peu à peu les steppes et déserts qui recouvrent plus du cinquième des continents.

Méthode proposée

Accroissons, en recourant à un moyen approprié : revêtements flottants pour les eaux profondes, réduction de l'épaisseur de la lame d'eau au centre des chotts, scarifications ou cailloutis pour les plaines sans nappes d'eau, l'aptitude à plus prompt, à plus grand échauffement d'une aire de dix, de cent, de cinq cents hectares située soit en mer, soit au milieu d'un lac ou d'un chott, soit au milieu d'une plaine ; nous créerons ainsi des centres de coordination atmosphérique donnant naissance, sous l'influence des radiations solaires, à des colonnes ascensionnelles aussi puissantes que besoin sera. Par temps calme et atmosphère pas trop aride, ces colonnes se couronneront d'imposants massifs nuageux producteurs de pluie, tout comme dans nombre d'îles coralliennes du Pacifique.

Telle est la solution que je propose.

Ainsi qu'on le voit, ce système n'a rien de factice, de momentané; il n'exige aucune surveillance, il est toujours prêt à fonctionner automatiquement dès que les conditions atmosphériques sont favorables. Il ne consiste pas à essayer de provoquer la pluie artificiellement en recourant à des moyens onéreux, tels qu'ébranlements violents de l'air par des détonations. Je propose d'aménager rationnellement les régions arides de façon à favoriser l'éclosion spontanée des pluies grâce à une meilleure utilisation des radiations solaires, autrement dit à la création d'aires de surchauffe destinées à servir de centres de convergence.

Au gaspillage des forces de la nature, à l'anarchie calorique stérilisatrice qui a régné jusqu'ici en tant de régions, je propose de substituer l'ordre en disposant des centres de coordination pluvigènes, d'étendue suffisante pour en assurer l'efficacité.

Dès 1911 M. le Gouverneur Général Lutaud demande à l'auteur un projet d'application à la Sebkha d'Oran de la méthode proposée

Intéressé par la lecture de mes brochures, notamment « Eau et Boisement » 1905, « Contributions diverses à l'Hydrogénèse » 1908, Production de pluies de chaleur » 1910, M. le Gouverneur Général Lutaud, dès le 19 juillet 1911, m'avait demandé de lui adresser 10 à 15 exemplaires de chacune pour les distribuer à ses services techniques, avec mission pour MM. les Ingénieurs et les Forestiers de les analyser, de faire rapports et d'indiquer les chotts ou sebkhas de leurs circonscriptions propices à des essais. Il voulut bien, dès que le plus grand nombre de ces rapports lui furent parvenus, après s'être assuré qu'aucune objection de principe n'avait été formulée et que leur ensemble était favorable, me demander, par lettre du 16 novembre 1912, un projet, avec estimation, d'une expérience intégrale à faire à la Sebkha d'Oran.

Après avoir exploré cette dépression, recueilli tous documents possibles, je me mis à l'étude et vis que, pour des nappes aussi peu profondes que la Sebkha d'Oran, mieux valait, au lieu de recourir à des revêtements flottants, précaires et périssables,

adopter une très mince lame d'eau comme aire de surchauffe et de surévaporation, ce qui permettrait d'utiliser nos chotts comme salines ; utilisation d'un haut intérêt pour l'Algérie et la Tunisie, vu le nombre considérable de leurs sebkhas, zahrez, chotts, et leur grande teneur en matière saline. C'est ainsi que la sebkha d'Oran, dont la dépression couvre 32.000 hectares, renferme 540 millions de tonnes de sel marin dans la première couche de six mètres d'épaisseur, d'après l'estimation de M. l'Ingéneur en chef des Mines Pouyanne et plus de 2 milliards de francs de potasse, d'après mes calculs.

Le 13 juin 1913, après plusieurs mois de labeur, je pus enfin remettre un projet complet avec devis et dessins.

Après avoir démontré que l'aménagement proposé donnera sûrement des pluies et indiqué les insignifiantes modifications à réaliser pour la transofrmation en salines, je dis que l'on aura du même coup créé un champ d'observations et d'expérimentations très propre à contribuer aux progrès de la science des météores. Et c'est qu'en effet la fréquente formation de massifs nuageux en un même lieu, au zénith même de l'aire de surévaporation, et à niveau relativement bas, permettra de se livrer à d'incessantes observations et expériences, de reconnaître, de mesurer les forces qui entrent en jeu dans la genèse des nuages, dans leur résolution en pluie, et cela à l'abri des causes d'erreur que comportent les essais de laboratoire : Ceux-ci échappent à l'influence des variations de composition des radiations solaires et sont réalisés à très petite échelle en dehors du champ électrique terrestre et par suite en dehors des conditions de la nature.

Ce projet fut, de même que les conclusions des chefs de service sur mes mémoires, soumis à l'examen d'une sous-commission d'hydraulique, laquelle déposa en janvier 1914 deux rapports :

Celui du 10 janvier conclut page 17 : « *On peut affirmer avec M. Dessoliers* « *que l'influence des forêts sur la production des pluies et l'alimentation des sources* « *n'a pas en Algérie l'importance qu'on a été parfois tenté de lui attribuer.* »

Il finit comme suit : « En terminant, la Sous-Commission se plaît à rendre « hommage à la vaste érudition et aux grandes facultés d'observations et de déduc- « tion dont on retrouve l'empreinte à chaque page des brochures soumises à son « examen. Bien qu'elle n'ait pas cru pouvoir accepter certaines théories, ou parta- « ger certains espoirs qui lui ont paru entachés d'un optimisme trop marqué, *elle* « *pense que M. Dessoliers mérite toute la reconnaissance de ses concitoyens* pour la « vigueur et la ténacité avec lesquelles il s'est offorcé de mettre en relief le rôle « immense que doivent jouer les questions hydrologiques en Algérie. »

Celui du 29 janvier conclut dans un sens défavorable à la mise à exécution du projet relatif à la Sebkha d'Oran. « La Sous-Commission déclare avoir le sentiment « très net que les expériences n'arriveront qu'à démontrer, sinon l'inefficacité com- « plète, tout au moins l'efficacité insuffisante du dispositif proposé. » A ceci je répondis : « Le degré d'efficacité dépend de l'étendue de l'aire de coordination ; « or rien de plus aisé, sans grande dépense, que de la quadrupler, de la décupler.

« Si pour dix hectares la digne coûte sept mille francs, pour quarante hectares « la dépense sera de quatorze mille et pour cent hectares de vingt-deux mille. Que « sont ces sommes, que sont ces risques au regard de l'œuvre prodigieuse que l'on « peut espérer réaliser ! »

La Sous-Commission ajoutait : « Cette opinion (efficacité insuffisante) est « émise, d'ailleurs, sous réserve d'un avis contraire des services compétents, à l'égard « de l'utilisation des installations comme station d'études météorologiques ou com- « me station d'expérimentation des procédés d'extraction des matières minérales « contenues dans les eaux et dans le sol. » Et c'est qu'en effet, à des points de vue divers, il y a grand intérêt à ce que soit réalisé ce projet ; je ne crains point d'affirmer qu'il le sera là ou ailleurs.

En toute question entièrement nouvelle, c'est à l'expérience qu'il importe de recourir au lieu de s'éterniser en discussions ; seule elle permet de trancher souverainement et à bref délai les débats.

C'est le 15 juillet 1914 que me furent adressés à Ténès ces deux rapports, et dès le 18 je demandai au Président de la Commission d'Hydraulique de vouloir bien me faire parvenir les avis du Service Météorologique et du Service des Mines dont ils faisaient mention, de façon à pouvoir, lors de ma comparution devant la Commission, répondre aux objections qu'ils avaient pu formuler.

La guerre étant survenue, la question en est restée là pendant plusieurs années.

Le 6 avril 1921, je fus autorisé par M. le Gouverneur Général Abel à prendre connaissance, à la Direction des Travaux Publics, des rapports que MM. les Ingénieurs des Ponts et Chaussées et le Service Forestier avaient rédigés sur mes mémoires, et fus heureux de voir que 7 ingénieurs sur 14 s'étaient prononcés en faveur d'un essai de création de centre pluvigène, et avaient indiqué les emplacements suivants : Sbara dans les marais de la Macta-En mer à 500 mètres au large, au droit du village de la Stidia-Sebkha Bouziane près Ferry-Zahrez Chergui-Daya Chenesi-Chott Timsilt. Six ingénieurs se prononcèrent contre, le 14ᵉ n'émit aucun avis. C'était là un très beau succès pour une invention aussi révolutionnaire. Malgré cela, la Sous-Commission chargée de l'examen du dossier se prononça contre.

Faire pleuvoir paraît une chose invraisemblable quand on ne s'est pas accoutumé à cette idée, pour peu qu'on ait l'esprit timoré, qu'il n'y a point lieu d'être surpris que, dans son rapport du 29 janvier 1914, la Sous-Commission d'Hydraulique se soit prononcée contre. Mais ma documentation s'est considérablement accrue depuis, notamment des diverses observations météorologiques tirées des Instructions Nautiques Relatives à l'Océan Pacifique ; ce sont ces observations que j'ai été amené à signaler au Patent Office de Washington pour qu'il se résolve enfin, après une instruction de 42 mois de durée, à me délivrer, le 8 janvier 1918, le patent que je sollicitais pour ce même système de production des pluies de chaleur par les nappes d'eau peu profondes.

Grâce à une période d'incubation suffisante et aux précisions qu'a apportées la première édition de la présente brochure, deux des membres de la Sous-Commission d'Hydraulique de l'Algérie, sur les trois qu'elle comprenait en 1913-1914, se sont depuis prononcés en ma faveur.

Contrairement à ce que j'espérais, la majorité de la Commission d'Hydraulique, dans sa séance du 26 mai 1921, n'a pas émis un vote favorable. J'aurai soin, à la fin de la brochure, de montrer que, grâce à un artifice de procédure, elle n'a pas même été invitée à se prononcer sur le fond, mais qu'elle s'est bornée à approuver les rapports de 1914 de la Sous-Commission. Il n'a été tenu nul compte des argu

ments que j'ai eu à produire devant l'Office des Brevets Américains, arguments qui sont cependant péremptoires, ni de la 1re édition de la présente brochure. Et je ne parle pas du fait, pourtant décisif, constaté par le Révérend Père de Foucauld à Assekren.

Aires de surchauffe naturelles productrices de pluies

Que le lecteur veuille bien lire attentivement les citations suivantes, puis y réfléchisse. Tout comme nous, il sera convaincu que l'effroi des choses nouvelles qui s'impose même aux esprits les plus éclairés, est le seul obstacle qui s'oppose à ce que l'homme crée des centres de coordination producteurs de pluies dans toutes les régions qui souffrent de leur pénurie.

« Les orages des régions tropicales sont presque exclusivement des orages de « chaleur. Presque toutes les pluies de ces régions sont des pluies orageuses, et « dans certains mois on observe des orages presque chaque jour.

A. — « C'est ainsi qu'au Mexique on a une moyenne de 139 orages par an à « Mexico, et de 141 à Léon (Guana-Juato). La moyenne atteint 167 à Ruitenzorg « (Java) et à Bismarckburg (Togoland Guinée), enfin elle paraît dépasser 180 à « Cameroun, dans le fond du Golfe de Guinée, d'après une série de 3 années d'ob- « servations. » (1)

B. — « Les orages de chaleur se présentent sous leur forme la plus simple et « tout à fait caractéristique dans certaines îles montagneuses des régions tropicales. « Ils ont été décrits de la manière suivante : Dans les îles Sandwich qui possèdent des « montagnes très élevées, la nuit et le matin, le ciel est absolument pur ; c'est, en « effet, l'époque où souffle la brise de terre qui est en même temps, ici, la brise de « montagne, vent descendant et sec. Vers 9 à 10 heures du matin, la brise de mer « s'établit et remonte alors de tous côtés les pentes de l'île. Dans ce courant ascen- « dant, chaud et humide, la condensation commence à un niveau bien déterminé « qui dépend des conditions initiales de l'air, et l'on voit bientôt se former autour « de la montagne un nuage dont la base est horizontale et qui grossit rapidement, « tandis que le ciel reste clair sur la mer à une certaine distance. Si l'humidité et la « température de l'air sont suffisantes, le nuage prend *une grande épaisseur* et bien- « tôt il en tombe des quantités de pluies considérables, en même temps que l'on « entend les grondements répétés du tonnerre. A mesure que le soleil baisse, l'orage « diminue d'intensité, la pluie cesse, le nuage se dissipe peu à peu et de nouveau, « à la nuit, le ciel se découvre entièrement.

« Les mêmes phénomènes se reproduisent parfois régulièrement chaque jour « pendant une longue période, et suivant les conditions on observera soit seulement « la formation de nuage, soit le nuage et la pluie, soit enfin toute la série complète : « nuages, pluie et orages. » (2)

C. — « A la Jamaïque, depuis les premiers jours de novembre jusqu'au milieu « d'avril, les sommets des montagnes de Port-Royal commencent à se couvrir de « nuages entre 11 heures et midi. A 1 heure, ces nuages ont acquis leur maximum

---

(1) Angot. — *Traité Elémentaire de Météorologie*, p. 338.

(2) Angot. — *Loco Citato*, p. 338.

« de densité, la pluie s'en échappe à torrents avec éclairs et tonnerre. Vers 2 h. ½ « le ciel a repris toute sa sérénité. Ce phénomène se reproduit tous les jours pendant « 5 mois consécutifs. *Kingston compte* 150 *jours d'orages et les côtes voisines* 50 *seu-« lement* dans les points du continent semblablement placés. » (1)

D. — « Le navigateur devine au loin les îles de l'Océan Pacifique aux splen-« dides pîles de nuages qui planent au-dessus d'elles, non seulement quand elles « sont élevées et montagneuses, mais encore quand elles sont basses et composées « de simples récifs de corail dépassant à peine la surface des eaux. » (2)

E. — « De splendides piles de nuages en forme de Cumuli étagent leurs masses « imposantes au-dessus des îles de l'Océan Pacifique, non seulement quand elles « sont élevées et montagneuses, mais même lorsqu'elles sont basses, même lors-« qu'elles ne sont que de simples îles de corail, ou, *ce qui est plus remarquable encore*, « *lorsqu'elles sont cachées sous l'eau* et ne forment qu'un véritable récif. Il semble que « les nuages aient été suspendus au-dessus de ces dangers, comme un phare destiné « à prévenir le navigateur du péril qu'aucun autre indice ne lui signalerait peut-« être, et au-dessus des îles pour favoriser leur végétation par les pluies abondantes « qui en tombent. » (3)

Récifs sous-marins générateurs de nuages

Examinons en premier lieu le cas des récifs sous-marins. Les roches dissimulées sous les eaux ont évidemment pour effet d'arrêter les radiations solaires réfractées. En dehors des récifs, les rayons lumineux pénètrent à 100, 200, 300 mètres de profondeur et leur calorique se dissémine sur toute la masse d'eau traversée ; par contre sur les récifs ils sont arrêtés net. La surface des roches insolées s'échauffe légèrement et échauffe par conduction les eaux qui la dominent ; la nappe d'eau qui recouvre les récifs est portée à une température un peu plus élevée que la nappe périphérique ; son évaporation est par suite un peu plus considérable, l'air au contact s'enrichit d'un peu plus de vapeur, en même temps que sa température s'accroît légèrement ; pour cette double raison il est allégé et tend à s'élever vers le ciel.

Fait capital : très minime doit être la surchauffe des eaux, vu leur incessant déplacement sous l'influence des marées et des vents ; très minimes par suite l'accroissement d'évaporation. l'enrichissement de l'air et sa surchauffe. Néanmoins ces très légères causes d'allègement suffisent pour qu'une colonne ascensionnelle se forme, monte vers le zénith, fasse appel, dans toutes les directions, de la strate d'air humide qui flotte sur les eaux.

Il est essentiel de retenir la disproportion entre la petitesse des causes et la grandeur de l'effet obtenu. Cette constatation nous sera très utile.

Dans son ascension l'air se refroidit par détente, se rapproche du point de saturation, puis arrive à condensation et engendre un massif nuageux qui permet aux navigateurs de deviner le danger. La nature nous donne là une leçon de choses

(1) De La Rive. — *Traité d'Electricité*, p. 127.

(2) Marié-Davy. — *Météorologie Générale*, p. 308.

(3) Ploix et Gaspari. — *Météorologie nautique*, p. 77.

d'une simplicité idéale, d'une évidence indiscutable ; elle nous montre qu'il suffit, au milieu des vastes surfaces d'évaporation, d'accroître un peu celle-ci en une aire déterminée pour que cette aire devienne un centre de coordination atmosphérique, apte à engendrer des massifs nuageux et, consécutivement, à donner par temps favorable des pluies abondantes, ainsi qu'il résulte de la deuxième partie de cette citation. Ceci, bien entendu, si l'aire de surévaporation est de surface suffisante pour provoquer sur un assez grand rayon l'appel de l'air qui flotte sur les eaux environnantes.

Cas des îles coralliennes et des îles escarpées du Pacifique

Dans le cas des récifs sous-marins, un léger accroissement d'évaporation est la seule influence qui entre en jeu. Dans les îles Coralliennes il y a à la fois surévaporation due aux massifs rocheux submergés, et fort souvent aussi aux lagons ou lacs intérieurs plus ou moins fermés, dont les eaux s'échauffent plus que celles du large, et une aire de surchauffe à sec, représentée par les bancs de coraux émergeant de l'eau.

Enfin, dans les îles escarpées du Pacifique, tout comme sur les massifs montagneux de l'Europe Centrale et du Hoggar, la surchauffe à sec prédomine.

Pour mesurer l'importance des conclusions que comportent les citations **D.E.**, il est bon de rappeler qu'il existe en plein Océan des régions quasi-désertiques ne recevant que de très rares pluies ; tel est notamment le cas au large des Açores en plein Atlantique, ainsi que le dit M. Marié-Davy dans son traité de Météorologie Générale.

Les citations **D.E.** nous montrent clairement que le principal obstacle à la formation des nuages et, consécutivement, à la production des pluies *en plein Océan*, gît dans la dissémination du calorique solaire dans des eaux trop profondes ou, en d'autres termes, dans la trop grande capacité d'emmagasinement calorique des grandes masses d'eau et dans le manque de coordination.

Ainsi, même en plein Océan, malgré l'immense étendue des surfaces d'évaporation, la pénurie des pluies peut être quasi absolue ; et, d'autre part, il suffit que des récifs soient dissimulés sous les eaux pour qu'ils engendrent une colonne ascensionnelle se couronnant de massifs nuageux qui permettent aux navigateurs de deviner le danger dissimulé sous la nappe miroitante des eaux par journée de grand calme à ciel pur.

Production d'un petit orage quasi quotidien en été en plein Sahara

Un fait déjà signalé par nous mérite une très grande attention ; il permet de pressentir quel rôle prodigieux rempliront les aires de surchauffe en tout pays et en toute saison.

L. — Pendant son séjour au sommet du Hoggar, le Révérend Père de Foucauld a observé « un régime de petits orages *presque quotidiens*, donnant des gouttes et un « peu de pluie mesurable, mélangée parfois de fine grêle, dont le total pour ces

« trois mois — juillet, août, septembre 1911 — a été de 42 millimètres (33 en sep-
« tembre) » ainsi que le dit M. Lasserre, Directeur du Service Météorologique. (1)

Notons qu'il ne s'agit point là d'un fait exceptionnel : Ainsi que nous l'exposerons au cours de cet ouvrage, les explorateurs du Sahara ont constaté que des pluies de chaleur sont produites par tous les massifs montagneux.

Pluies d'été quasi quotidiennes sur divers sommets de la zone tempérée

Même dans la zone tempérée certains lieux bénéficient pendant la saison chaude de pluies quasi quotidiennes.

I. — « Sur le pic de Grondone (Italie), tous les jours il se forme un nuage élec-
« trique qui, après quelques heures, éclate. » (2)

J. — Il en est de même au Faulhorn en Suisse, au col du Géant (Mont Blanc) en France, d'après les observations de Bravais pour le premier, et de Saussure pour le second.

« La seule dfférence entre les orages de chaleur des pays tropicaux et ceux
« des montagnes dans les latitudes moyennes est que les nuages que forment ces
« derniers paraissent atteindre une hauteur beaucoup plus grande : Ils montent
« d'ordinaire, en Suisse, au dessus des sommets les plus élevés, tandis que dans les
« îles Sandwich, par exemple, ils ne dépassent guère deux à trois mille mètres...
« L'air au-dessus de la mer dans les régions tropicales n'est pas plus chaud qu'au
« pied des montagnes de l'Europe Centrale en été, mais il contient beaucoup plus
« de vapeur d'eau ; la condensation doit donc y commencer à un niveau moins
« élevé. » (3)

Les citations I. J., production quasi quotidienne des pluies en été au-dessus des reliefs accentués de la France, de la Suisse et de l'Italie, nous montrent que, pour que les pluies se produisent, il n'est point indispensable que l'air soit très humide. Il convient de remarquer qu'ici nous sommes dans la zone tempérée et en plein continent, et que ce régime de pluies quasi quotidiennes, tant au Faulhorn qu'au Col du Géant et à Grondone, ne se produit qu'en été. C'est donc que, dans les autres saisons, la chaleur déversée par le soleil est trop minime, ou encore que la capacité d'emmagasinement calorique des terres, des roches insolées, est trop grande si l'homme n'intervient pas en créant des centres de coordination. Au contraire en été, par suite de l'échauffement un peu plus marqué de l'air qui frôle les flancs de ces hautes montagnes, son pouvoir ascensionnel est suffisamment accru pour qu'il monte assez haut et donne naissance à des pluies journalières pendant plusieurs mois consécutifs.

Ce même régime régulier de pluies d'été se produit en bien d'autres régions montagneuses, notamment à Roquebillière dans la vallée de la Vésubie, ainsi que nous l'a appris M. le Général de Bonneval.

---

(1) Lasserre. — *Aperçu météorologique,* inséré dans la publication du Gouvernement Général de l'Algérie : « Les Territoires du Sud » 1922, 1re partie, p. 158.

(2) de la Rive. — *Traité d'Electricité,* p. 323.

(3) Angot. — *Traité élémentaire de météorologie,* p. 340.

Sur les bords du Rio Négro, par 40° de latitude Sud, on reçoit tous les jours des pluies de six heures. (1)

En Auvergne, il est de notoriété publique, d'après M. le docteur Grellet d'El-Biar, que la formation d'un chapeau de nuages sur le Puy de Dôme est fréquente dans la saison chaude et suivie d'orages et d'averses dans toute la région.

Très grande utilité des centres de coordination

Dans tous les cas envisagés il y a un centre de coordination bien marqué :

Récifs sous-marins dans le premier cas, îles coralliennes dans le second, versants montagneux frappés par le soleil dans le troisième. C'est là le fait capital qu'il faut retenir ; ce sera notre guide.

En l'état ordinaire des choses, en l'absence de tout centre de coordination, que se passe-t-il en tous lieux et en tous temps ?

Les vapeurs émises par les nappes d'eau, les terrains humides, les végétaux, se disséminent par petits paquets dans le ciel et sont entraînées par les vents.

En Juin, Juillet et Août sur tout notre littoral algérien, dans la baie d'Alger notamment, le fait est flagrant ; nous voyons chaque jour des petits paquets de vapeur devenir apparents, des nuages se former ici, là, en cent points, persister peu ou prou et finalement se dissiper.

De très grandes quantités de vapeur sont ainsi déversées incessamment dans le ciel sur toutes nos côtes Nord-Africaines, mais elles se disséminent dans d'immenses masses atmosphériques. En raison de cette trop grande dilution, les dimensions des nuages formés sont trop minimes pour qu'ils donnent des pluies ; les petits nuages s'évanouissent et les quantités énormes de vapeur émises par les littoraux Nord-Africains sont perdus pour la Colonie.

Où vont-elles se résoudre ? dans la zone équatoriale qui est précisément le lieu de coordination, le lieu de convergence des alizés du Nord-Est et du Sud-Est. Ces vents quasi constants, dus à l'appel extrêmement puissant qui se produit dans l'aire de surchauffe intense des tropiques, entraînent les vapeurs disséminées dans l'atmosphère des régions qu'ils traversent. Ainsi se déversent en pluies diluviennes sur les terres et, pour la majeure partie, dans les mers équatoriales les vapeurs émises par nos littoraux Nord-Africains et par la Méditerranée.

Dans son parcours à travers l'aride Sahara ou l'Arabie, l'alizé du Nord-Est ne s'enrichit pas en vapeur ; par contre il s'échauffe, ce qui diminue son humidité relative ; et cependant il donne des pluies copieuses en plein Continent Africain, à plus de 1.600 kilomètres de l'Atlantique et de l'Océan Indien, à sa rencontre avec l'alizé Sud-Est.

Nous avons là, nous l'avons déjà signalé, la preuve irréfutable de l'influence décisive de la convergence des vents sur la genèse des pluies. Par suite de cett convergence l'air est contraint de s'élever dans les hautes régions de l'atmosphère, il se refroidit par détente et arrive à saturation, malgré un soleil de feu.

L'analyse de ces divers faits amène à conclure qu'à la dissémination par petits paquets dans le ciel, des vapeurs émises par les littoraux des mers, les lacs, les chotts,

---

(1) Flammarion. — *L'Atmosphère*, p. 660.

les plaines en culture, les forêts..., il faut substituer leur convergence vers des centres d'appel, d'ampleur suffisante pour donner naissance à de puissantes colonnes ascensionnelles d'air, aptes à engendrer d'imposants massifs nuageux, producteurs de pluies régionales.

Nous avons déjà réuni un premier faisceau d'indices favorables, propres à inspirer confiance dans l'efficacité de notre intervention ; les faits suivants contribuent à l'accroître.

En pays chauds, l'air sans vapeur est chose inexistante, toute masse d'air peut donner la pluie si elle se refroidit suffisamment : Pour ce, il suffit qu'elle monte un peu haut dans le ciel. Les faits observés par le Révérend Père de Foucauld à Assekren en donnent la preuve péremptoire, de même les chutes de pluie assez fréquentes par temps de sirocco.

L'air se refroidit spontanément par détente de 1 degré par chaque 101 à 104 mètres d'ascension, suivant degré d'humidité. D'autre part, une température glaciale règne en tous lieux sur nos têtes à de très modestes hauteurs : 5.000 à 5.500 mètres à l'équateur, et au niveau du sol vers les Pôles. Enfin, et c'est là le point décisif, l'air humide détient en lui-même une merveilleuse faculté latente d'ascension, et il nous est possible de la déclencher, tout comme il est nous est possible de permettre à un aérostat de s'élever dans le ciel en lâchant le câble qui le reliait au sol.

Influence défavorable de la trop grande capacité calorique du sol sur les pluies engendrées par les cîmes

Les régimes réguliers des pluies sur les sommets montagneux précités pourraient, non sans raison, être attribués à la plus grande évaporation des lacs en été, à la plus grande transpiration physiologique des forêts, des prairies, des cultures, finalement au plus grand enrichissement de l'atmosphère en vapeur d'eau ; mais la citation L. relative à Assekren démontre nettement que la trop grande capacité calorique des terrains est, dans le cas des cîmes, l'obstacle fondamental qui s'oppose à la genèse des pluies. Et en effet, nous sommes ici en plein Sahara ; il n'y a sur les flancs du Hoggar ni lacs, ni forêts, ni prairies, ni cultures, et l'air était d'une sécheresse excessive. En juillet, août et septembre 1911, l'humidité moyenne a oscillé de 18 à 23 %, la tension de vapeur de 3 millimètres à 3 millimètres 7, autrement dit la teneur en vapeur du mètre cube d'air a varié de 3 grammes à 3 grammes 7 ; l'air était donc très pauvre en vapeur ; et cependant chaque jour il tendait à se produire un massif nuageux, alors qu'en juin, en octobre, en novembre, rien de semblable ne se produisit ; qu'est-ce à dire sinon que la trop grande capacité calorique des versants d'Assekren était l'obstacle qui s'opposait à la production de ces météores au printemps et à l'automne. En plein été ces versants se surchauffent, l'air qui les frôle atteint une température plus élevée ; il devient plus léger, monte plus haut dans le ciel et parvient à une altitude suffisante pour engendrer des nuages.

Certes, la quantité de pluie recueillie en ces 3 mois a été minime, mais étant donné l'extrême siccité de l'air, cette tendance à la production quasi-quotidienne d'un massif nuageux nous permet de formuler sans crainte les conclusions suivantes comme une loi destinée à permettre à l'homme d'exercer son emprise sur le ciel :

La pénurie des pluies a fréquemment pour cause essentielle beaucoup plus la trop grande capacité d'emmagasinement calorique des terres et des eaux que l'insuffisante humidité de l'air.

Les graphiques des planches I et II font voir combien est décisive cette influence de la capacité d'emmagasinement des terrains, et ce, même dans la région tropicale.

Influence sur les pluies de la strate atmosphérique marquant 0° centigrade

Mais, dira-t-on, ce n'est qu'aux grandes altitudes que vous nous signalez des points bénéficiant d'un régime quasi quotidien de pluies d'été. Cela est exact, la raison en est simple : la température de l'atmosphère va en décroissant avec l'altitude. Cette décroissance varie d'un jour à l'autre, d'un point à l'autre, il y a même parfois des inversions qui se produisent, mais cette décroissance est la situation prédominante. La strate marquant 0 degré sera d'autant plus promptement atteinte par une colonne ascensionnelle, que l'aire de surchauffe sera elle-même sur un massif montagneux plus élevé. Fait important à noter ; grâce aux poussières entraînées, même alors que l'air n'est point saturé, ces vapeurs vont se transformer en cristaux de glace dès que par ascension, par suite du froid dû à la détente, la température est descendue à 0 degré ; l'on comprend dès lors comment il se fait que des massifs nuageux puissent se former, que des précipitations météoriques puissent se produire, même en plein Sahara au sommet du Hoggar.

Et dès maintenant il est permis d'entrevoir quelle prodigieuse transformation des contrées les plus stériles nous réaliserons en aménageant rationnellement leurs cîmes, de même que leurs plateaux et leurs plaines.

Artifice à employer pour avoir une évaporation plus considérable qu'à l'équateur même

K. — Fait à mentionner : aux salines des Sables d'Olonne il a été constaté que dans les bassins renfermant 25 centimètres d'eau l'évaporation était de 5 millimètres par jour en été, alors que tout à côté, dans les bassins de concentration du sel, à lame d'eau de 30 millimètres, elle atteignait 15 millimètres et était, par suite, 3 fois plus grande (1) *tout comme si le soleil eût été 3 fois plus ardent.* Nous disposons donc d'un moyen efficace et d'une extrême simplicité pour accroître l'évaporation de l'eau, tout comme si nous pouvions contraindre le soleil à monter plus haut chaque jour à midi vers le zénith.

Un exemple de l'influence décisive des faibles épaisseurs d'eau sur l'abondance des pluies nous est donné par la côte de Tabasco au Mexique :

Cette côte située au bord du golfe de Campêche, par 18°20 de latitude nord environ, jouit du climat le plus humide de la terre (le sel y est toujours liquide).

---

(1) Commission Supérieure pour l'examen du projet de mer intérieure dans le Sud de l'Algérie et de la Tunisie, présenté par M. le Commandant Roudaire, p. 244.

Il y tombe jour et nuit des pluies pénétrantes alternées de « turbunadas » ou petites trombes qu'accompagnent des rafales épouvantables. Voilà pour la saison sèche ! Quant à la saison des pluies elle dure huit mois !!

L'explication est la suivante : La côte de Tabasco ne s'élève d'une façon sensible au-dessus du niveau de la mer qu'à une trentaine de kilomètres à l'intérieur des terres. De juin à fin octobre le pays est sous l'eau ; la contrée tout entière se convertit en un grand lac où les villes et villages demeurent suspendus au-dessus des eaux ainsi que les cîmes des forêts, et l'inondation atteint généralement son maximum en octobre.

Or, presque sur le même parallèle et même un peu plus près de l'équateur, également en bordure de l'océan, Saint-Louis du Sénégal ne reçoit que de 30 à 40 centimètres de pluie, malgré l'immensité des eaux qui s'étalent devant son littoral !

Artifices à employer pour accroître l'échauffement de l'air

Cet échauffement il nous est permis, sans grande complication, de le produire en tout lieu, sur tous les terrains, à l'aide de très simples artifices, tels que léger revêtement de graviers, simple scarification, feuille de papier, etc... Ce sont là des moyens qui nous ouvrent des horizons nouveaux.

L'emploi des revêtements en papier pour accroître le rendement des cultures est, à cette heure, chose pratiquée en diverses régions. Le recours à ces revêtements permet de modifier du tout au tout l'aptitude d'un terrain à emmagasiner le calorique solaire et de réduire les pertes par rayonnement nocturne. Les propriétés isolantes du papier sont d'ailleurs bien connues.

Des influences tout à fait secondaires au premier aspect peuvent jouer un rôle considérable : Dans son livre « A travers l'Afrique », le Lt-Colonel Baratier signale que dans la vaste région du Ouassoulou (latitude 11°N, longitude 11°O) les pluies sont en avance de plusieurs mois sur les régions du Nord, et que les premières précipitations se produisent généralement au début de février, alors que cependant le soleil n'est encore qu'à 14° au dessous de l'équateur, soit une différence de 25° avec la latitude de la localité. Cela ne serait-il point dû simplement à ce que cette région comprend de vastes plaines de terres noires bien arrosées et en cultures formant centres de surévaporation, avec de-ci de-là des galeries forestières ayant pour effet d'atténuer l'intensité des vents et de favoriser l'échauffement et l'ascension de l'air... La chose paraît vraisemblable.

En définitive, les influences locales naturelles peuvent être considérables et l'homme a le pouvoir et le devoir de les accentuer au mieux de ses intérêts. Il importe qu'il s'en convainque.

Dans le bassin de l'Amazone les pluies engendrent d'autres pluies sur un immense parcours

Dans un précédent mémoire nous avons vu que, dans le bassin de l'Amazone, les pluies engendrent d'autres pluies sur un parcours de 3.000 kilomètres à partir de l'Atlantique, et cela parce que les vents océaniques du nord-est, ayant à traverser cet immense bassin hydrographique, doivent s'élever de 3.500 mètres pour franchir les seuils des Cordillères occidentales et de celle de Quito.

Ces pluies ont donné naissance à de multiples fleuves, à leurs innombrables affluents et lacs ainsi qu'à de prodigieuses forêts vierges. Ces nappes d'eau et ces forêts engendrent à leur tour des précipitations météoriques. Aussi, malgré distances énormes à l'Atlantique, les pluies atteignent 2 m. 50 et 3 m. dans toute l'étendue du bassin.

Conclusions des observations de Muntz

Dans la Revue Scientifique du 26 octobre 1912, p. 531, Muntz, de l'Institut, fit paraître un article intitulé « L'évaporation du sol et des végétaux, facteurs de « la persistance des temps pluvieux et froids. » Les conclusions ci-après résultent des observations et expériences qu'il fit faire à la Station végétale de Bellevue (Seine et Oise) de 1910 à 1912 : « Lorsque, dit-il, à la suite de pluies d'une certaine durée, « le sol reste mouillé, il évapore constamment de l'eau qui, se condensant dans les « couches supérieures de l'atmosphère, produit des nébulosités. Celles-ci maintien- « nent le ciel couvert et retombent sous forme de pluie pour continuer ce cycle « indéfiniment. Chaque jour de pluie lègue donc au jour suivant la cause originelle « de l'humidité persistante et l'on comprend que cet état ait tendance à s'éterniser. « Il résulte de ces observations que l'évaporation produite à la surface du sol, sur- « tout par le développement végétal, est un facteur important, peut-être prédomi- « nant, de la nébulosité persistante du ciel et des chutes d'eau fréquentes, et que ce « régime, une fois établi, a une tendance à se continuer par une sorte de cycle qui « ramène alternativement l'eau du sol vers l'atmosphère par l'évaporation, et celle « de l'atmosphère vers le sol par les pluies. C'est un cycle fermé qui peut se conti- « nuer jusqu'à ce que des phénomènes météorologiques puissants viennent le « rompre. »

De là résulte que les mêmes eaux peuvent retomber bien des fois de proche en proche, sinon au même lieu, du moins là où les conditions sont favorables. Ces conditions favorables la nature les a réalisées en certaines contrées ; au Brésil notamment et sur les versants orientaux de la Colombie, de la République de l'Equateur, du Pérou, et dans toute l'immense étendue du bassin de l'Amazone, ainsi que nous venons de le voir.

En réalité, c'est le calorique emmagasiné dans le sol qui assure une évaporation constante si les pluies ne sont point trop espacées. En multipliant les centres de coordination nous assurerons l'incessante multiplication des pluies qui, à leur tour, en engendreront d'autres grâce aux zones sucessivement aménagées à partir du littoral.

La chaleur solaire dans la zone tempérée est-elle suffisante pour donner un régime de pluies régulier en toute saison ?

Sans hésitation possible il faut répondre non. Mais la pluie dépend de plusieurs éléments, notamment du calme de l'atmosphère : Si pendant plusieurs jours le temps est calme, le ciel pur, le soleil brillant, l'atmosphère va s'enrichir en vapeur et un orage éclatera.

Il aura donc suffi d'une période d'incubation de quelques jours pour que la chaleur solaire devienne d'une efficacité suffisante.

Cette constatation nous amène à ditinguer trois cas :

1° Pluies se produisant *après plusieurs journées de grand calme* : ce sont les violents orages, cyclones, etc...

2° Pluies dues à ce que l'air s'échauffe suffisamment et monte assez haut pour engendrer *le jour même* des massifs nuageux producteurs de pluie.

3° Pluies dues à ce que de grandes masses atmosphériques riches en vapeur ont pu atteindre de hautes régions du ciel mais n'engendrent nuages et pluies *qu'après refroidissement nocturne*, soit au cours de la nuit, soit le lendemain matin.

1° Violents orages, cyclones, etc...

Pendant ces jours de calme, le calorique solaire s'emmagasine dans le sol, celui-ci perd sa vapeur d'eau, l'atmosphère s'enrichit d'autant, l'air s'échauffe au contact, monte vers le zénith. Si le calme persiste, l'atmosphère finit par être très riche en vapeur, la pression baisse : hommes et animaux sont oppressés. Enfin l'orage éclate et les désastres qu'il entraîne seront d'autant plus grands que la période d'incubation aura été plus prolongée.

L'exemple suivant va nous permettre de voir combien il importe d'éviter ces grands orages. Or c'est précisément en multipliant les centres de coordination que nous y parviendrons.

Cyclone observé au Bengale

« Du 10 au 20 octobre 1876, il avait fait constamment beau *et absolument calme*, « sur tout le golfe ; on notait seulement de très légers vents de N.-E., sur les côtes « du nord et de S.-W, bien loin au Sud, sur l'Océan Indien ; ces vents opposés « tendaient à communiquer à l'air compris entre eux et situé sur le golfe un très « léger mouvement de rotation cyclonique, mais ils étaient extrêmement faibles. « Le calme régnait aussi dans les régions élevées de l'atmosphère, car pendant tout « le mois, même au moment de la plus grande violence du cyclone, les stations de « montagne de l'île de Ceylan n'ont jamais signalé que des vents faibles.

« *Après ces dix jours de temps calme et beau, la pression était répartie très uniformément sur tout le golfe du Bengale, où la température était devenue très élevée*, « lorsque le 20 quelques pluies commencent à tomber dans le Sud. Les jours suivants « le baromètre baisse peu à peu *juste au milieu du golfe*, à l'Ouest des îles Andaman, « et il s'y forme *un centre de basse pression*, mais cette baisse est absolument localisée « et ne s'étend pas jusqu'aux côtes.

« Les jours suivants la pluie augmente de plus en plus, et finit par devenir « torrentielle ; la baisse barométrique s'accentue sur place, en même temps le vent « augmente, et le 29 au soir il existe toujours à *cet endroit* un véritable cyclone, qui « seulement à partir de cette date commence à se déplacer vers le Nord, lentement « d'abord puis de plus en plus vite à mesure qu'il se rapproche du fond du golfe. Le « 1er novembre à 3 heures du matin, il arrive à l'embouchure de la Megna et y produit les désastres que nous avons indiqués précédemment (p. 295). Enfin, après un « parcours sur terre d'un peu plus d'une heure seulement, le cyclone atteint les « collines de Tipperah formées d'une série de chaînons parallèles orientés nord-sud, « et dont les plus hauts sommets n'atteignent pas une hauteur de 1.000 mètres. A

« ce moment, le cyclone cesse complètement, *soit qu'il ne trouve plus dans les couches « inférieures de l'atmosphère les conditions nécessaires à son entretien*, soit que le « mouvement giratoire ait ét édétruit par le frottement contre les collines. La dispa- « rition du cyclone a été si complète que, de l'autre côté des collines, on a éprouvé « seulement un peu de vent ; à quelque distance au delà, à Cachar et dans l'Assam, « les stations météorologiques n'ont plus noté qu'une baisse barométrique insigni- « fiante tandis que la pression était descendue à 715 m/m au centre du cyclone. » (1)

«...Le cyclone atteignit le delta de la Megna (Gange et Brahmapoutra). Les « îles et les terres basses furent couvertes d'une couche d'eau de cinq à huit mètres « de hauteur et, grâce au ras de marée, la surface inondée s'étala sur 7.800 kilomè- « tres carrés et le nombre des personnes noyées atteignit 215.000. » (2)

Ainsi qu'on le voit, cette période de calme absolu de dix jours de durée, sans qu'il se produisît la moindre perturbation locale, fut la condition même qui donna naissance à ce redoutable cyclone. Grâce à l'absence sur ce golfe de toute zone bien marquée de surchauffe, susceptible d'engendrer chaque jour des colonnes ascensionnelles qui auraient perturbé l'équilibre atmosphérique et donné des pluies modérées, après dix jours de calme la pression était encore uniformément répartie et la température était devenue très élevée.

Pendant cette période d'incubation, par suite de l'absence de tout vent qui aurait disséminé sur de vastes régions les vapeurs émises, celles-ci s'accumulèrent par diffusion sur le golfe. De cet échauffement de l'air, de son grand enrichissement en vapeurs, résulta un état d'équilibre instable des plus menaçants.

Cet équilibre finit par se rompre et donna lieu à des désastres effroyables.

Utilité des multiples petites dépressions pour diminuer la fréquence et la puissance des violents orages, cyclones, etc...

Il ne sera point superflu de faire observer que la création de très multiples dépressions, propres à engendrer des pluies incessantes, diminuerait la fréquence et la puissance des grandes perturbations atmosphériques : cyclones, tornados, violents orages qui causent chaque année de si énormes dégâts, à la surface du globe.

Dans nos contrées d'Europe, ces périodes de grand calme et de beau soleil sont, il est vrai, moins calamiteuses ; nos mers abritées, nos grands lacs, vu leur situation en latitude, bénéficient de radiations solaires moins intenses, d'une évaporation moins active ; aussi ignorons-nous les cyclones, mais non les grands orages, et en raison de la richesse de nos cultures les dégâts qui leur sont dus atteignent par fois des sommes énormes. Tel fut le cas pour celui du 13 juillet 1878 qui traversa la France, la Belgique et la Hollande, de Loches en Touraine à Flessingues, d'Orléans à Utrecht, dont les ravages furent évalués à 24.690.000 francs (3).

Ici encore il importerait de créer de multiples centres de dépression, au milieu des étendues d'eau, de provoquer des pluies quotidiennes en mille et mille points, de ne point laisser se créer des états d'équilibre redoutable ; il faut que l'atmosphère

---

(1) A. Angot. — *Traité élémentaire de météorologie*, p. 305.

(2) Id., p. 293.

(3) Flammarion. — *L'Atmosphère*, p. 668.

se déleste fréquemment de ses vapeurs pour le plus grand profit de l'agriculture et sa plus grande sécurité. L'air est doué d'une certaine inertie, d'une certaine viscosité ; en général, les vapeurs ne pénètrent point spontanément, chaque jour, aux hautes altitudes, dans la zone de condensation et ce, même par les plus grands calmes ; ce n'est qu'après plusieurs jours d'incubation que l'équilibre se rompt ; là est le danger.

Du fait de la condensation de trop grandes masses de vapeur d'eau, un vide trop considérable se produit, il y a appel en tous sens sur de trop vastes espaces. De là résultent de nouvelles condensations, la dépression se creuse, s'accroît. Les ouragans, les tempêtes trouvent dans les régions humides les causes mêmes de leur entretien, de leur accroissement, et sont d'autant plus désastreux qu'ils ont été précédés d'une plus longue période de calme.

2° Pluies quotidiennes du jour

En réalité il y a toujours emmagasinement du calorique solaire dans le sol, mais pour accroître la fréquence des pluies de chaleur, pour en produire de plus précoces et de plus tardives mieux vaut réduire cet emmagasinement en recourant à des dispositifs appropriés, tels que le revêtement en pierrailles. Ainsi, grâce à sa surchauffe au contact des pierrailles, l'air pourra s'élever plus haut dans le ciel, atteindre plus souvent la phase de saturation et donner la pluie.

3° Pluies de la nuit ou du lendemain

Ici l'emmagasinement du calorique dans le sol ou encore dans les superstructures peut être préférable, ainsi que tend à le faire présumer le cas de la ville de Clermont-Ferrand qui, nous le verrons, engendre parfois la pluie.

Le calorique inclus dans les murs entretient un courant ascendant, même après le coucher du soleil, alors que l'atmosphère se refroidit et se rapproche, par suite, du point de saturation. C'est la masse d'air ascensionnelle due à toutes ces constructions qui produit ici la pluie. Celle-ci tombe généralement le lendemain matin.

Cette ville bénéficie à cet égard, non point d'un privilège particulier, mais simplement d'un observateur au sommet du Puy de Dôme, bien placé pour voir ce qui se passe ; cet observateur a même constaté que les autres villes de la Limagne exerçaient la même action lorsque l'atmosphère est riche en vapeur.

Comme cas de pluies nocturnes nous pouvons citer Batoum sur la mer Noire : Les vents d'Ouest en parcourant cette mer se sont chargés d'humidité; ces masses d'air appelées par l'échauffement de la chaîne Pontique s'élèvent haut dans le ciel mais n'atteignent le point de saturation que de nuit.

En réalité, mieux vaudra généralement une capacité calorique très faible pour tendre à produire des pluies quotidiennes.

Dans certains cas particuliers il pourra en être autrement : Si, par exemple, il s'agit d'accroître la pluviosité d'une ville bâtie sur une presqu'île, la grande capacité calorique de ses murs devient un auxiliaire puissant : grâce à ces derniers il se produit un important massif ascensionnel, persistant de jour comme de nuit. D'autre part, les périodes de surévaporation des eaux qui l'entourent pourront être ainsi mises à profit spontanément, s'il s'agit d'un littoral bénéficiant des marées.

Utilisation des radiations solaires

Le soleil est le grand moteur de toutes choses. Cest lui qui chaque jour engendre les vents, et à chaque instant en modifie les directions et les vitesses suivant nébulosité du ciel d'une région à l'autre, suivant inclinaison des versants montagneux et incidence de ses rayons à chaque heure du jour, en chaque saison, suivant aptitude à plus prompt et à plus grand échauffement des terrains et nappes d'eau que ses rayons atteignent.

Nul n'ignore que, de jour, les terres s'échauffent plus que les mers, ce qui donne naissance aux brises qui de la mer remontent vers l'intérieur des terres. Tout au contraire, pendant la nuit, les terres se refroidissent plus que les grandes masses d'eau, l'air est descendant sur les flancs des montagnes, il s'écoule dans les vallées et débouche à la mer ; c'est la brise de terre.

Une simple route non bordée d'arbres touffus est une ligne de surchauffe solaire qui engendre une bande ascensionnelle d'air chaud, laquelle entraîne des remous descendants qui perturbent aérostats et avions dans leur marche.

Tout comme les eaux profondes, les forêts constituent des régulateurs de température : leur échauffement diurne est moindre que celui des régions voisines ; les massifs d'air qui les dominent sont, pendant le jour, descendants ; aussi entraînent-ils les aérostats dans leurs mouvements de descente.

Vu leur très mauvaise conductibilité calorique, les dunes de sable sans végétation sont particulièrement aptes à s'échauffer promptement et donnent naissance à des courants ascendants qui rendent possible le vol à voile des avions sans moteur.

Si la dune est orientée perpendiculairement aux brises qui soufflent le plus fréquemment dans la région, le mouvement ascensionnel sera accru. Il atteindra sa valeur maxima aux heures où le soleil frappe de plein fouet le versant faisant face aux brises.

Aptitude à échauffement des divers terrains

Il y a là une première utilisation des masses d'air ascensionnelles, une première mise à profit de l'aptitude à plus ou moins prompt échauffement des divers terrains.

Or, ainsi que nous l'exposerons plus loin, cette aptitude, il dépend de nous de l'accroître en un lieu, de la diminuer en d'autres sur de grandes étendues, sans grosses dépenses ; et c'est là, précisément, ce qui nous permettra de prendre en mains le gouvernement de l'atmosphère en chaque région, pendant les périodes de calme à ciel pur, notamment le matin au lever du soleil, alors que l'atmosphère est en équilibre et qu'il est, par suite, aisé de faire naître des brises précoces et d'assurer leur convergence.

Revêtements flottants

Nous avons vu que des récifs sous-marins suffisent pour accroître l'aptitude à plus grand échauffement d'une nappe d'eau et par suite son évaporation, et qu'ils constituent ainsi en plein Océan des centres de coordination atmosphérique. Le même résultat sera atteint avec une énergie décuplée si aux récifs nous substituons des revêtements flottants : Les rayons solaires seront arrêtés à leur surface et l'évaporation sera considérable si ces revêtements peuvent s'imprégner d'eau.

Prairies de Macrocystis, de Neréocystis et autres algues géantes

Il serait déplacé d'entreprendre ici la description des revêtements artificiels (le nombre de combinaisons méritant d'être essayées étant trop considérable) ; par contre il y a lieu d'appeler très fortement l'attention sur les immenses services que rendront un jour les prairies flottantes de macrocystis piriféra.

Ces algues géantes se rencontrent de-ci de-là dans toute l'étendue du Pacifique, dans les eaux les plus calmes et dans les régions de grosses mers, dans des eaux de salure et de température très diverses. Leurs cordons, fixés par des crampons sur des roches de fond par des profondeurs de 12 à 70 mètres, atteignent 200 et 300 mètres de longueur et viennent s'étaler à la surface des eaux en longues cordées, grâce aux ampoules pleines d'air de leurs thalles verdoyants. Chaque prairie importante, implantée au large de nos côtes sur nos fonds rocheux, va constituer une aire de surévaporation qui deviendra un centre pluvigène si on dispose en son milieu une tour destinée à surchauffer l'air et centrer l'appel.

De plus, tout champ de macrocystis crée du côté de la terre une zone de calme ; les mouvements orbitaires des vagues de grosse mer, incessamment perturbés à la rencontre de chaque cordon, de chaque thalle, de chaque ampoule, sont amortis après un faible parcours, tout comme s'épuiserait en vain, sans avancer sensiblement, une armée dont chaque soldat s'acharnerait à refouler sous l'eau des vessies pleines d'air avant de progresser. Ces zones de calme permettraient d'entreprendre plus fructueusement les diverses cultures des eaux : huîtres, moules, éponges, et donneraient plus de sécurité à nos pêcheurs.

En raison de la masse alimentaire offerte par ces forêts sous-marines, le peuplement de nos côtes en poissons et autres organismes serait considérablement accru : enfin les macrocystis arrachés du fond et jetés à terre par les tempêtes permettront, vu leur richesse en potasse et en matières organiques, de fertiliser nos terres. Depuis plus de 20 ans déjà les Américains extraient la potasse des amas de kelps que le Pacifique jette sur leurs côtes occidentales.

En raison de leurs multiples utilisations, il importe que l'Administration se décide, ainsi que je l'ai déjà demandé plusieurs fois, à essaimer ces algues géantes sur nos littoraux. Les prairies de macrocystis réparent elles-mêmes leurs brèches, c'est là la meilleure des combinaisons à adopter en mer et c'est autour des trop rares îles qui s'aiguayent sur nos côtes que les premières tentatives d'acclimatation des diverses espèces de ces thallophytes devraient être faites.

Prairies lacustres

C'est également à des revêtements artificiels et mieux encore, en bien des cas, à des prairies aquatiques flottantes de Salvigna, d'Azolla, de Macres nageantes, de jussiées, de lentilles d'eau, etc.., qu'il y aura lieu de recourir pour transformer les lacs ou autres nappes d'eau de quelque profondeur en centres pluvigènes. Bien entendu, c'est vers les centres des lacs que ces îles flottantes devront être implantées.

Comme cas particuliers, en raison du rôle très important qu'ils sont appelés à jouer, disons quelques mots du Tchad et des lacs du bassin de Tombouctou.

Lac Tchad, lac Faguibine

Grâce au Chari qui lui apporte les ruissellements des pluies tombées à sept cents kilomètres plus au sud, la dépression du Tchad n'a pu se dessécher entièrement. Bien que très fortement réduite, la nappe d'eau recouvre encore plus de deux millions d'hectares. En raison de sa très faible profondeur, il sera aisé de l'aménager rationnellement, de l'utiliser comme base de régression du Sahara sud oriental, base dont l'efficacité ira sans cesse en croissant, vu l'étendue énorme des surfaces susceptibles d'être remises en eau.

Ce lac n'est en réalité qu'un immense chott de 1 m. 50 de profondeur, parsemé de nombreuses îles ; et il est par place recouvert d'une végétation luxuriante, c'est-dire que là sont réunies toutes les conditions favorables à la création économique de centres pluvigènes de premier ordre.

Ayant fait choix d'une terre émergée fort distante des autres, on édifiera en son milieu une tour en tôle de grande envergure pour centrer l'appel, si un paillis sec de quelques dizaines d'ares, surmonté d'une paillotte conique d'une dizaine de mètres de hauteur, se révèle insuffisant pour obtenir ce résultat. (Nous développerons plus loin les raisons qui justifient cette construction). On entourera cette île d'une série d'anneaux de prairies aquatiques à frondaisons bien étalées ; chaque anneau sera limité par des plantations de roseaux ou autres végétaux robustes (ambachs) aptes à s'enraciner solidement au fond des eaux, à former digue à la surface pour briser les vagues des jours de tempête et protéger les prairies flottantes.

Grâce à un outillage convenable, notamment à des canots automobiles aménagés en vue du faucardement, ainsi qu'à des plantations et des semis, l'on pourra, sans grande dépense chaque année, agrandir l'aire de surévaporation, ou mieux de chlorovaporisation, d'un ou plusieurs anneaux supplémentaires, jusqu'à cent, deux cents, cinq cents hectares, tant que l'expérience démontrera que ces accroissements de surface continuent à augmenter la fréquence et l'abondance des pluies.

Cette limite atteinte, l'on passera à l'aménagement d'autres centres pluvigènes.

Pour réduire les dépenses afférentes à la production des pluies, ces digues seront en même temps disposées comme de véritables madragues destinées à la capture du poisson. Au lieu d'adopter une série d'anneaux concentriques, l'on pourra être amené à préférer une digue continue en forme de spirale.

Dans le mont Daro, par 9° de latitude Nord, le Niger prend naissance et remonte de plus de 800 kilomètres vers le Sahara. Quand arrive la crue due aux pluies équatoriales, il s'étale du 15e au 17e degré en une véritable mer intérieure qui emplit les lacs du bassin de Tombouctou, celui du Faguibine notamment. La vaste dépression dénommée le Djouf, qui s'avance jusque vers le 22e degré, permet toutes les entreprises. Nous disposons là encore, mais sur les confins du Sahara occidental, d'une base puissante pour refouler les steppes arides.

Aménagement des chotts, création d'un lagon

Voyons maintenant quel est l'aménagement à adopter dans nos chotts, sebkhas, etc. Même en année très pluvieuse, la hauteur des eaux dans ces dépressions est minime : 60 centimètres au plus en général. Ces eaux s'étalent sur des surfaces considérables dont la planitude est quasi parfaite ; et cela est dû à ce que, depuis des

millénaires, ces dépressions collectent les poussières de l'atmosphère, les limons de leurs affluents. Les fonds se sont peu à peu colmatés, exhaussés, puis aplanis sous l'influence du balancement des flots. Cet état de choses, planitude parfaite des fonds, faible profondeur des eaux, permet d'adopter un aménagement d'une extrême simplicité, d'ampleur illimitée.

Vers le centre de la dépression élevons une digue en terre de 1 mètre à 1 m. 20 de hauteur, le double environ des plus hautes eaux en année pluvieuse, embrassant un cercle de 10, de 100, de 500 hectares... A travers cette digue implantons quelques vannes et chargeons le gardien des eaux de régler leur admission de telle sorte que l'épaisseur de la lame dans l'enceinte soit très minime, 2 à 3 centimètres, juste un peu plus que l'évaporation ne peut enlever en un jour. Nous aurons ainsi créé un lagon analogue à ceux des îles coralliennes du Pacifique et de l'Océan Indien, mais combien plus efficace.

Dès les premières pluies, l'eau va s'élever au dehors plus haut que dans l'enceinte ; celle-ci ne reçoit, en effet, que les pluies qui lui échoient, tandis que la dépression collecte toutes celles de son bassin hydrographique. Finalement, en ne manœuvrant les vannes qu'en temps opportun, nous aboutirons à la situation suivante : Epaisseur des eaux dans le lagon 2 à 3 centimètres ; au dehors 10, 20, 60 suivant le moment ; dès lors nous aurons créé là un centre d'appel intense. L'évaporation étant 2 fois, 4 fois, 6 fois plus active dans l'enceinte que sur les eaux périphériques, une colonne ascensionnelle d'air très humide va se former, faire appel, se couronner de nuages et donner la pluie par temps favorable.

Les chiffres ci-dessus sont corroborés par les observations faites aux Sables d'Olonne, que nous avons déjà mentionnées, savoir : évaporation trois fois plus considérable tout comme si le soleil était trois fois plus ardent, si la lame d'eau est de 30 millimètres au lieu de 250 millimètres.

Ce très simple artifice, réduction à 2 ou 3 centimètres de l'épaisseur des eaux au centre d'un chott, nous permet donc de créer des centres de coordination plus intenses que ceux des îles coralliennes de l'équateur ; et ces centres il nous est aisé d'en accroître la puissance dans telle mesure qu'il sera utile : Si pour 10 hectares la digue coûte 7.000 francs, pour 100 hectares la dépense sera de 22.000 et pour 1.000 hectares elle atteindrait seulement 70.000 francs.

Ainsi qu'on le voit, ces centres pluvigènes sont d'une extrême simplicité ; ils pourront être édifiés sans trop grandes dépenses, surtout si l'on en a un certain nombre à faire en série, en recourant, pour construire la digue de l'enceinte et la digue d'accès, à un tracteur remorquant charrue, profileuse, pilonneuse, pendant que les terres sont encore humides.

Nous pouvons en quelque sorte opérer ici à l'échelle de la nature ; or, là est le succès.

Si, au lieu d'un chott s'asséchant chaque année, la dépression renferme toujours une masse d'eau importante, l'influence bienfaisante du centre de coordination sera considérablement accrue. Ce centre pourra donner des pluies précoces dès le commencement de l'automne, alors que la capacité de saturation de l'atmosphère diminue rapidement avec sa température ; et, grâce à la répercussion que les phénomènes météoriques exercent entre eux, ces premières pluies locales pourront donner naissance à des précipitations s'étalant sur toute une région. En effet, les

premiers terrains mouillés vont évaporer beaucoup d'eau pendant un ou plusieurs jours et, si le calme règne, l'atmosphère va s'enrichir d'autant. La phase de saturation pourra être atteinte à un certain niveau dans le ciel, soit dès la première, soit à la seconde ou la troisième nuit, si ce n'est de jour ; des pluies pourront se produire et créer par suite une dépression barométrique s'étalant sur une surface bien plus grande que celle du lagon ; il y aura appel sur de plus grands rayons, appel susceptible de provoquer de nouvelles précipitations plus étendues.

Ainsi sera changée pour toute une contrée, en une année d'abondantes récoltes, une année qui eût pu être néfaste.

Il importe que l'attention s'attache à mesurer l'importance de ces répercussions éventuelles ; l'on évitera ainsi de croire que le chott le mieux aménagé pourra tout au plus distribuer dans la région une quantité de pluie égale à l'eau qu'il renferme ; ce serait commettre une singulière erreur.

Répercussions

Les centres de coordination que nous proposons de créer, tant sur les littoraux des mers qu'au milieu des plaines, ont pour destination essentielle de provoquer l'amorçage de précipitations météoriques de plus en plus étendues, en raison des pluies locales qu'ils donneront directement.

De même que la sécheresse tend à persister, les pluies tendent à en produire d'autres, grâce aux dépressions barométriques, aux centres d'appel qu'elles engengrent. C'est même là la cause principale du déséquilibre permanent de l'atmosphère, de son anarchie extrême : pluies continues excessives, inondations désastreuses dans une région ; sécheresse extrême dans l'autre ; cela même dans notre merveilleux pays de France, l'un des plus favorisés du ciel cependant.

Il continuera à en être ainsi tant que l'homme n'interviendra pas pour assurer une meilleure distribution des pluies en créant de nombreux centres de coordination atmosphérique convenablement répartis dans toutes les régions habitées.

Utilisation des chotts comme salines

La plupart de nos chotts sont riches en sels de soude, de potasse, etc... Rien de plus logique, dès lors, que de les utiliser simultanément comme centres pluvigènes et comme salines, ce qui est tout un, et cela pour le plus grand profit de la colonisation. Nous avons déjà traité cette question antérieurement.

Ce n'est point seulement du sel marin et de la potasse que nous extrairons de nos chotts ; ils nous réservent d'autres produits intéressants, peut-être même des nitrates.

De la Sebkha el Melah près Zarzis, dans le Sud Tunisien, il a été extrait pendant les dernières années de guerre 850 tonnes de brome qui ont permis de rembourser avec usure à l'ennemi ses envois de gaz asphyxiants, de le battre avec le moyen diabolique par lequel il comptait exterminer les armées des Alliés à bref délai.

Par suite de la grande teneur en matières salines de la dépression qui l'avoisine, Zarzis va se transformer en une riche ville industrielle exportatrice de sel marin, de sulfate de soude, de sels de potasse, de brome... Espérons que ce sera au profit de la Tunisie.

Ceci dit pour inciter à la prompte mise en valeur de nos sebkhas, de nos chotts. Ils contribueront à la prospérité de l'Algérie, de la Tunisie, si nous les aménageons en centres pluvigènes et en salines.

Centres de coordination des plaines dépourvues de toute nappe d'eau

Après avoir indiqué les dispositifs applicables aux surfaces d'eau : prairies marines ou lacustres et revêtements artificiels flottants pour les eaux relativement profondes ; lagons avec très minces lames d'eau au centre des chotts et sebkhas, il nous fait dire comment nous pourrons amorcer les pluies et les accroître dans les plaines et les plateaux dépourvus de toute dépression humide de grande surface.

Supposons que la configuration des lieux ne se prête point à l'aménagement d'une nappe d'eau. Divers cas sont à distinguer :

Si la région est apte à être mise en culture malgré la fréquence des sécheresses, un assolement convenable pourra résoudre le problème : On choisira un emplacement situé au milieu de vastes étendues de terrains plats cultivables, et à grande distance des versants montagneux que le soleil va au printemps frapper de ses rayons dès les premières heures du jour. Ces versants, surtout s'ils sont dénudés vont, après 2 ou 3 heures d'insolation, s'échauffer, faire appel et tendre à attirer à eux la colonne ascensionnelle qu'on se propose de faire naître. Il importe, par suite, de s'installer au loin.

Par contre, au cas où ces versants montagneux seraient boisés, leur influence nocive n'existerait plus ; le centre pourrait sans doute être plus proche sans inconvénient, peut-être même avec profit, ce que l'expérience permettra d'élucider.

Ayant fait choix d'un emplacement satisfaisant à ces desiderata, on laissera là en jachère un cercle de 100 hectares de superficie. L'automne venu on procédera aux ensemencements tout autour de ce centre sur la plus grande étendue possible, un millier d'hectares pour le moins. Les semailles terminées, on labourera la jachère, puis, à l'aide de pulvérisateurs à disques ou de scarificateurs, sa surface sera rendue pulvérulente. Nous aurons ainsi modifié du tout au tout la conductibilité de ce terrain ; sa surface va s'échauffer beaucoup plus que les champs en culture qui l'entourent. Nous aurons créé là une aire de surchauffe, un centre de coordination, et ce centre sera apte à donner des pluies par temps favorables, surtout au printemps dès que les blé, orge, avoine ou prairie auront atteint 5 à 10 centimètres de hauteur, le contingent de vapeur que ces végétaux peuvent fournir à l'atmosphère par transpiration physiologique étant plus considérable que celui qui serait donné par une nappe d'eau de même étendue et de quelques décimètres de profondeur.

En région caillouteuse, il sera de beaucoup préférable de ramener à la surface, à l'aide de charrues exolithes, une couche de pierrailles de quelques centimètres. Cette couche remplacerait très avantageusement le mulch du dry-farming ; il n'y aurait plus à recourir après chaque grosse pluie à de nouvelles scarifications ; le succès des cultures d'été serait bien mieux assuré, les terrains sous gravier retenant opiniâtrement l'humidité. La zone centrale sera utilisée pour les cultures d'été et à défaut, un an sur deux seulement, pour les cultures d'hiver. Les haies, les lignes d'arbres devront être tracées suivant des rayons de telle sorte que rien ne fasse obstacle à la convergence des brises que l'aire de surchauffe va faire naître.

Pluie après pluie

Nous sommes ici dans les conditions tout particulièrement favorables à ce phénomène : Il vient de pleuvoir, le temps est calme, le ciel pur, le soleil frappe le terrain de ses rayons, leur chaleur va se dissiper comme suit :

Le cailloutis du centre de coordination va s'échauffer beaucoup et évaporer assez peu ; la pluie l'a traversé, l'eau est à l'abri sous la pierraille et, vu les trop grandes dimensions des vides elle ne peut remonter à la surface par capillarité. Tout au contraire, les terrains environnants, gorgés d'eau, vont s'échauffer moins et évaporer davantage. Une colonne ascensionnelle va s'élever au-dessus du centre et faire appel de l'air humide qui s'exhale tout autour. Cet appel peut s'exercer sur un très grand rayon, le calcul sera donné plus loin. Ainsi qu'on le voit, ces champs de pierrailles qui, à première vue, paraissent constituer un aménagement médiocre, un pis aller de peu de valeur, peuvent tout au contraire rendre de très précieux services, et cela alors même que la végétation n'est pas encore partie. Les pluies pourront donc être accrues sur de très nombreux territoires grâce à cet artifice. Il faudra, bien entendu, se garder soigneusement de ramener à la surface les terres sous pierrailles ; les façons culturales seront données à l'aide de scarificateurs ou de charrues analogues aux arracheuses de pommes de terre.

Mer d'Alfa

Si l'on dispose d'une région à alfas assez denses, on pourra essayer de la combinaison suivante : défrichement d'une cinquantaine d'hectares d'alfas, en un emplacement choisi comme ci-dessus : installation d'une butte en pisé vers le centre, de forme circulaire, recouverte par une toiture cônique en chaume ou alfa pour centrer l'appel.

Aménagement des pâturages dans le Sud

M. Ben Danou, vétérinaire à Affreville, dans une communication des plus intéressantes à la Société d'Agriculture sur les laines algériennes, a signalé ce fait que les semences des plantes spontanées sont arrêtées par les aspérités du sol, de telle sorte que même en régions arides, la végétation en ces points peut être beaucoup plus dense.

Ayant fait choix d'un emplacement convenable réunissant les conditions déjà énumérées, l'on pourrait procéder à des labours formant cercle autour de l'emplacement, sur une largeur de quelques centaines de mètres comme premier essai, pour voir si on n'arriverait pas à obtenir un peuplement beaucoup plus dense et à créer une sorte de prairie que l'on accroîtrait d'année en année si l'expérience réussit. L'emplacement central serait scarifié. Loin d'enterrer la pierraille qu'il peut renfermer, on la ramènerait à la surface et l'appel serait centré comme il a été dit. Il y aurait lieu de choisir comme centre le terrain le plus caillouteux, ou, en d'autres termes, le plus apte à s'échauffer promptement et à échauffer l'air au contact. Le sable est en effet trop mobile pour des aménagements devant durer plusieurs années.

Enfin, au lieu de laisser les eaux de ruissellement des rares orages s'épandre librement suivant les lignes de plus grande pente, on les contraindrait, à l'aide de

quelques traits de charrue, à s'étaler autour du centre de coordination choisi. L'objectif est toujours le même : obtention d'un centre de surchauffe, de préférence circulaire, entouré tout autour d'une grande zone à végétation relativement dense.

Haies vives, haies sèches pour protéger la naissance des colonnes ascensionnelles

Il est un moyen qui permettra d'accroître l'efficacité des aires de surchauffe, c'est de les entourer de haies et de multiplier celles-ci. L'on sait quel rôle efficace jouent ces abris dans la culture maraîchère : la température acquise au niveau du sol est accrue, les plantes bénéficient d'un climat plus chaud, l'air qui les frôle se renouvelle moins vite et peut, par suite, atteindre une température plus élevée : c'est précisément ce qu'il faut rechercher pour nos aires de surchauffe.

Il faut protéger l'éclosion de puissantes colonnes d'air ascendant, il faut aussi rechercher si ces mêmes moyens de protection ne peuvent contribuer à d'autres progrès. L'exemple suivant précisera ma pensée : Dans un article fort intéressant publié par la « Dépêche Algérienne » le 21 mai 1926, M. Charles Daure propose, pour diminuer la mortalité des moutons dans le sud, due aux vents froids de la nuit en période de disette, « mortalité qui fut effroyable cet hiver, plus de deux millions d'adultes périrent sans compter les agneaux », d'abriter les troupeaux à l'aide de multiples petites levées en terre et pierrailles, ou encore à l'aide de haies de branchage de 80 centimètres de hauteur formant coupe-vent, ceci combiné, bien entendu, avec la multiplication des points d'eau et autres mesures propres à éviter des marches trop épuisantes.

Distribuons ces levées en lignes parallèles dans un carré ou une circonférence : Nous aurons créé une aire de surchauffe. Un grand gourbi conique, implanté au milieu, centrera l'appel. Le paccage des troupeaux, pendant les nuits non glaciales, dans une zone concentrique, chaque année plus large, en vue de fertiliser le sol, les scarifications pour assurer l'ensemencement, aboutiront, après une période de temps suffisante, à la création de vrais centres pluvigènes.

Concluons en disant que pour accroître la pluviosité des régions arides il faut mettre à profit les accidents topographiques favorables, tels que îlots et hauts fonds rocheux en mer, lacs, sebkhas, chotts, terrains caillouteux des plaines et plateaux, multiplier les nappes d'eau en utilisant les oueds, les ruissellements, aménager rationnellement toutes choses, cultures d'hiver et cultures de printemps, plantation d'arbres, ordonnancer les irrigations, grouper les habitations, de telle sorte que tout concoure à provoquer la convergence des brises vers de puissants centres de coordination atmosphérique. A l'incohérence naturelle il faut substituer une distribution des éléments telle que la nappe d'air qui frôle le sol, capte l'air humide et tende à se masser vers le centre. Il faut qu'elle s'élève vers le zénith en une seule colonne apte à vaincre la viscosité de l'air et jusqu'à hauteur suffisante pour atteindre, grâce au refroidissement dû à la détente, la phase de saturation.

Centres pluvigènes des cîmes et centres forestiers

Nous avons vu que divers hauts massifs de la zone tempérée donnaient naissance pendant la saison chaude à des pluies quasi quotidiennes et que, même en plein

Sahara, il y avait tendance au sommet du Hoggar à la formation d'un orage en chaque jour d'été. Plus grande est l'altitude du massif, moins haute sera la colonne ascensionnelle nécessaire pour atteindre la région de l'atmosphère qui marque 0 degré, moindre sera par suite l'échauffement à faire subir à l'air. Mais sur ces hautes cîmes l'air est très peu dense ; de plus, il est généralement dépouillé de poussière et peu humide ; il lui est par suite bien difficile de s'échauffer spontanément. Il serait tout à fait intéressant de voir quelles sont les conditions que présentent les flancs des massifs donnant naissance à ces pluies d'été : Les éboulis de roches, de pierrailles, particulièrement aptes à s'échauffer et à échauffer l'air qui pénètre et circule entre leurs interstices, recouvriraient-ils ces versants ? La chose nous paraît probable et nous a été affirmée pour Assekren par M. E. Dubuc, l'explorateur saharien bien connu, qui a donné dans «le Monde Colonial Illustré» plusieurs articles du plus haut intérêt sur la politique de l'eau au Sahara. Il serait intéressant de vérifier s'il n'en est point de même au Faulhorn, au Col du géant : Dès que les glaces, les neiges sont fondues, les pierres détachées s'échauffent beaucoup plus promptement que des puissants bancs de roches ; l'air qui les baigne et pénètre entre elles doit atteindre une température bien plus élevée.

Revenons au Sahara : Si l'observation justifie notre hypothèse sur d'autres versants que celui d'Assekren, on pourra recourir à ce procédé : étalement d'une couche de pierrailles ou de moellons sur le versant sud du massif dont on se propose d'accroître le rendement en pluie.

Il conviendra aussi de voir si les colonnes ascensionnelles ne se forment pas, de préférence, au dessus des ravins dont les versants à face dénudée sont orientés respectivement à l'est et à l'ouest. Dans ce cas, en effet, à chaque heure du jour l'un des deux versants est échauffé dans les meilleures conditions et rayonne en partie sur l'autre.

Une étude attentive des divers massifs donnant des pluies d'été permettra d'obtenir des indications utiles : Il faut tenir compte à la fois et de la fréquence des pluies et de leur abondance et des caractéristiques de chaque cîme : étendue des surfaces dénudées et couvertes de pierrailles, étendue des surfaces boisées, altitude de leur étage le plus élevé, exposition des versants principaux, importance et orientation des ravins, abris relatifs qu'ils présentent et qui donnent lieu à des surchauffes plus ou moins considérables. Aux hautes altitudes, effectivement, l'air est très fluide, son contact avec un corps chaud est d'autant plus bref que la pression atmosphérique est moindre ; chaque molécule d'air arrivée au contact rebondit plus promptement. D'autre part, le soleil y est brûlant alors que l'air est glacé, ce qui démontre combien est brève la durée du contact.

Sans attendre la vérification de notre hypothèse pour les divers sommets que nous avons cités, faisons dès maintenant observer que c'est sur ces cîmes qu'il est tout particulièrement aisé à l'homme de surchauffer l'air :

Comme nous l'avons vu, la surchauffe à communiquer à l'air pour qu'il pénètre dans la strate marquant zéro degré est plus faible ; et il n'est point indispensable que l'air arrive à saturation pour donner naissance à des cristaux de glace et consécutivement à la pluie.

En second lieu, la surchauffe peut être obtenue en recourant à l'artifice suivant : Il suffit d'aménager sur le versant sud des carneaux exposés en plein soleil

sur les lignes de grande pente des versants. Ces carneaux seront constitués, par exemple, par des tranchées creusées dans le sol, de 1 mètre de largeur sur 0 m. 50 de profondeur, recouvertes de voûtines en briques, de tôle ondulée, qu'on noircira au besoin, et même, pour des essais, de papier parcheminé noirci (Les vitrages seraient trop fragiles et trop coûteux).

Ces carneaux aboutiront à une excavation contenant des massifs de moellons, de pierrailles, de briques, couverte en terrasse par des voûtes présentant des ouvertures pour permettre les lâchures d'air chaud aux moments les plus favorables, de préférence quelques instants avant le coucher du soleil : Dès quatre heures de l'après-midi, le soleil étant déjà assez bas, l'atmosphère se refroidit et prend un mouvement de descente. Une heure plus tard, faisons une lâchure d'air chaud en ouvrant les trappes situées sur notre dock à pierrailles : l'air chaud ascendant va rencontrer l'air froid descendant ; le massif nuageux va pouvoir se former à faible altitude au-dessus du sommet et donner de la pluie. Par contre, si nous procédons à une lâchure au lever du soleil, la colonne ascensionnelle engendrée par le massif de pierrailles va bénéficier des radiations solaires ; l'ascension pourra se poursuivre plus haut et la phase de saturation être atteinte, mais à une plus grande altitude.

Si nous parvenons, d'une part à amener au pied des massifs montagneux de l'air très humide, d'autre part à aménager leurs cîmes en centres pluvigènes à fréquentes chutes météoriques, leurs flancs vont se couvrir de pâturages puis se boiser. Les pluies de chaleur deviendront de plus en plus fréquentes, à une condition toutefois, c'est qu'on ne laisse point le versant sud se boiser, afin que les arbres ne s'opposent ni à l'échauffement du sol, ni au libre accès des brises remontant le versant. Il faudra donc maintenir le versant sud dénudé et couvert de pierrailles, tout en facilitant le développement de la végétation sur le plus grand rayon possible tout autour du massif ; on facilitera ainsi l'extension de la zone sahélienne et le refoulement méthodique de la zone désertique.

Etant donné les grandes difficultés que l'air éprouve à s'échauffer spontanément sur ces cîmes, alors que cependant nous constatons la fréquence des pluies en été sur certaines d'entre elles, étant donné d'autre part les facilités considérables que l'homme rencontre là pour emmagasiner d'énormes quantités de calories, il nous paraît vraisemblable que bien des sommets pourront être aménagés en centres de coordination producteurs de fréquentes pluies.

Des fossés de niveau étagés sur les flancs de ces massifs collecteront les eaux de ruissellement et les dirigeront vers des barrages réservoirs. Ces eaux emmagasinées à grande altitude serviront à actionner des moteurs, à produire le courant électrique.

Ce serait là une méthode de captation et d'utilisation industrielle de la chaleur solaire qui tendrait à accroître nos ressources en houille bleue et à atténuer les années de sécheresse, années qui sévissent parfois de façon désastreuse, même dans nos hauts massifs des Alpes, des Pyrénées, du Plateau Central.

Les mêmes aménagements amélioreraient l'alimentation de nos barrages réservoirs et accroîtraient la masse des eaux d'irrigation.

Centres de coordination des régions humides et chaudes

Bien des villes de la zone tropicale souffrent d'un climat débilitant ; ici encore les centres de coordination pourraient jouer un rôle utile.

Après chaque pluie, l'eau qui impreigne le sol s'évapore, il y a soustraction de calorique, la température s'abaisse de 5, 6 et même 8 degrés ; et c'est pourquoi, chose singulière pour nous gens d'Europe, en ces régions on appelle saison d'hivernage la saison pendant laquelle le soleil est le plus haut dans le ciel mais où les pluies sont les plus fréquentes. Les centres de coordination permettraient sûrement d'accroître la durée de l'hivernage, autrement dit de le faire commencer plus tôt et finir plus tard. Les villes qui souffrent tout particulièrement de cette atmosphère anémiante auraient intérêt à recourir à ces centres de coordination pour multiplier les journées de fraîcheur, pour diminuer le nombre de journées d'oppression pendant lesquelles l'humidité s'amasse dans l'atmosphère avant que l'orage éclate.

Centres de coordination et grêle

Il y aurait lieu aussi de s'assurer si l'aménagement de centres de coordination dans les plaines humides ou dans les étangs ne permettrait pas de réduire le nombre d'orages à grêle. Mieux vaut, semble-t-il, substituer des colonnes ascensionnelles d'air très humide à l'ascension de masses d'air relativement sec qui se produit fatalement, de-ci de-là, pendant les journées chaudes et calmes de l'été ; la condensation s'effectuera à des niveaux bien plus bas ; elle donnera *de la pluie et non de la grêle.*

Rizières

Enorme est la consommation de riz dans le monde et cette monoculture des populations de l'Asie Orientale entraîne parfois de redoutables famines. En 1899-1900, plus de 50 millions d'Hindous ont été éprouvés par ce fléau et l'on n'a pu apporter une aide efficace à plus de 4 millions d'entre eux.

C'est le riz de marécage qui est de beaucoup le plus cultivé, vu son meilleur rendement. Cette céréale doit séjourner pendant plusieurs mois dans l'eau ; le moins qu'elle exige c'est de recevoir chaque dix jours un très copieux arrosage, mais déjà le rendement est bien moindre ; c'est dire quelles énormes quantités d'eau nécessitent les rizières qui alimentent les populations de la Chine, des Indes, du Japon, de la Cochinchine, etc..., et quel intérêt s'attacherait, en ces régions surpeuplées, à prendre la maîtrise des pluies. Or, l'on trouve réunies là toutes les conditions favorables à l'aménagement de centres de coordination de même genre que ceux préconisés précédemment pour les chotts algériens. Il faut ici distribuer les rizières tout autour d'une aire de surchauffe apte à provoquer la convergence des brises, la formation d'une puissante colonne ascensionnelle. A la distribution irrégulière des rizières, à leur dissémination anarchique, il faut substituer un plan d'ensemble, un ordonnancement méthodique autour du centre que la topographie de la région fera ressortir.

Notons que les légères différences de niveau ne seront pas pour arrêter les riziculteurs ; en bien des localités, les rizières sont établies en gradins sur les flancs des ondulations ; et incomparable est l'habileté des indigènes pour déplacer à la main, d'un étage à l'étage supérieur, d'énormes quantités d'eau.

Centres pluvigènes à revêtements mobilisables
Escadrilles de pluie

Dès que l'expérience aura démontré qu'il est possible, grâce à un aménagement rationnel et malgré leur situation très défavorable, de contraindre nos chotts à donner des pluies, l'on sera amené, dans toutes les régions arides en bordure des océans et des mers, à prendre l'ensemble des mesures nécessaires pour bénéficier, dans le plus bref délai possible, de pluies supplémentaires dues à l'implantation en mer de centres de coordination plus ou moins précaires, et cela sans attendre l'expansion des macrocystis dont il a été précédemment parlé.

Ces mesures paraissent devoir être les suivantes :

1° Etude attentive de la distribution des pluies sur chaque littoral ;

2° Choix des emplacements qu'il importe en tout premier lieu de transformer en centres pluvigènes ;

3° Bornage par des bouées, mouillées sur de lourds corps-morts, des surfaces d'eau à recouvrir de revêtements flottants ;

4° Création d'escadrilles ayant pour destination essentielle le montage, le transport d'un champ à l'autre des revêtements, le remorquage et la fixation des tours destinées au centrage.

Chaque escadrille comprendrait, en principe, un navire (ponton ou chaland) de préférence en ciment armé, apte à arrimer dans ses flancs les revêtements flottants artificiels, leurs bouées, corps-morts, ancres et autres accessoires, ainsi que deux canots automobiles destinés à la prompte mise en place des revêtements flottants qui seraient réalisés par des claies de roseaux ou autres matériaux légers de vil prix.

Le pont supérieur de ce navire affecterait une forme hémisphérique constituée par un dôme en tôle, de manière à lui faire jouer le rôle de centre de surchauffe servant de base à la colonne ascensionnelle, au milieu de l'aire de surévaporation constituée par les revêtements flottants.

Mieux vaut en mer adopter des calottes hémisphériques de peu de hauteur et de grand diamètre pour assurer le centrage, forme évidemment beaucoup plus stable.

Il convient aussi de mentionner que tout le substratum fixe, corps-morts, bouées, chaînage, devra être prévu et utilisé en vue de la culture des eaux (huîtres, moules, etc...)

Dépressions barométriques et vents

Il importe, pour dissiper tout scepticisme, pour permettre de pressentir l'influence considérable que l'homme est appelé à exercer sur les phénomènes météoriques, de montrer combien minimes sont les forces à mettre en jeu pour engendrer les vents.

Les météorologistes, avons-nous vu, ont reconnu qu'une différence de pression barométrique de 1 millimètre de mercure, entre deux régions distantes de un degré de latitude soit 111 kilomètres, suffit pour donner naissance à des vents dont la vitesse, variable sur terre suivant aspérités du sol, atteint 6 m. 70 à la seconde à la surface des eaux.

Mieux vaut, pour bien faire ressortir avec quelle inconcevable facilité les masses atmosphériques se déplacent horizontalement, substituer à la colonne de mercure de 1 millimètre de hauteur une colonne d'air exerçant la même pression. Sa hauteur serait de 10 m. 52 à 0 degré et de 11 m. 29 à 20 degrés ; admettons 11 mètres pour simplifier.

Une différence de hauteur d'air de 11 mètres, pour un parcours de 111 kilomètres, cela fait une différence de 1 mètre par 10 kilomètres, différence qui serait obtenue, le coefficient de dilatation de l'air étant de 1/273, en chauffant de 1° une colonne d'air de 273 mètres de hauteur.

Ainsi il suffira que sur notre centre de coordination la pression, en raison de la surchauffe de l'air et de son enrichissement en vapeur, soit diminuée de un mètre de hauteur d'air, c'est-à-dire de un dixième de millimètre de mercure pour que l'appel s'étale sur une surface de plus de 30.000 hectares.

Or un abaissement de pression de un dixième de millimètre de mercure est aisé à produire par belle journée de calme et de chaud soleil :

Pour les chotts il suffit d'accroître la température et, par suite, l'évaporation des eaux en leur milieu en réduisant à quelques centimètres leur épaisseur, suivant les dispositifs que j'ai décrits plus haut d'une manière détaillée.

S'il s'agit d'un lac ou d'une surface marine quelque peu profonde on recourra à un revêtement flottant constitué par une prairie lacustre ou, s'il s'agit de l'océan, par des champs de macrocystis pirifera implantés sur fonds rocheux, ainsi que cela a été dit.

Rôle décisif que sont appelées à jouer les aires de surchauffe et de surévaporation

Cette importante constatation de l'effet immense produit par une aussi minime diminution de pression permet de préjuger quel rôle décisif seront appelées à jouer les aires de surchauffe et de surévaporation pour l'accroissement des pluies dans toutes les régions qui souffrent de leur pénurie, dans toutes celles notamment qui ne peuvent être mises en culture à cette heure, bien qu'ayant dans leur voisinage de grandes nappes d'eau.

Et ici, peu importe que ces eaux soient saumâtres, amères, salines, qu'elles soient emmagasinées dans les chotts, les sebkhas, les marais, ou encore qu'elles soient empruntées aux mers ou aux océans.

Tous les océans bénéficiant de la marée, cela permet la remise en eau de très nombreuses dépressions situées en bordure de leurs littoraux, telles que les salines, les lacs, etc...

Nous voyons ainsi qu'il est aisé de faire naître des brises, et ces brises on peut les employer à rafraîchir et ventiler les villes tout comme à engendrer des pluies. Mais il nous est également permis de modérer en certains cas les vents impétueux, ce qui nous amène à dire quelques mots du mistral.

Mistral

MM. D. Faucher et E. Rougetet, météorologistes, qui ont publié une étude sur le mistral, ont reconnu que ce vent était engendré par des causes propres à la val-

lée du Rhône. L'état thermique des plaines Rhodaniennes, disent-ils, leur paraît être le facteur dominant ; chacune d'elles, grâce à la nature de son sol, généralement perméable et *favorable à l'évaporation*, est un centre de dépression (1). Le mistral est surtout caractérisé par sa violence ; sa vitesse est variable suivant le moment considéré et suivant les lieux ; un des traits les plus originaux c'est son irrégularité. Ces savants opéraient avec de nombreux anémomètres ; ils ont pu discerner les vitesses dues aux variations de pression, autrement dit les vitesses dues au gradient barométrique, de celles attribuables aux influences thermiques locales, et ils ont reconnu que ces dernières pouvaient atteindre plusieurs mètres à la seconde (2).

Cette irrégularité caractéristique du mistral est à rapprocher de ce que nous avons dit au début de ce mémoire. Le soleil frappe divers terrains plus ou moins aptes à s'échauffer promptement et sous des incidences diverses d'un instant à l'autre ; des colonnes ascensionnelles s'élèvent sur les parcelles les plus aptes à s'échauffer, autrement dit sur les terrains graveleux et sablonneux. Mais en même temps il y a appel vers les masses ascensionnelles les plus importantes ; notons que les aires spontanées de surchauffe varient elles-mêmes d'une heure à l'autre suivant incidence des rayons solaires, inclinaison des versants montagneux en un même point. Suivant le moment, l'air sera ascendant ou animé d'un mouvement de déplacement horizontal ; c'est précisément ce qui se passe dans la vallée du Rhône où des nappes d'alluvion caillouteuses émergent de-ci de-là, notamment de Montélimar à Valence, où existent des versants plus ou moins boisés ou dénudés, dont l'inclinaison et l'orientation par rapport au soleil varient à tout instant.

De tout cela résulte qu'il est loisible aux habitants de la vallée du Rhône de modérer le mistral là où son action est trop violente, en distribuant convenablement les massifs boisés, les versants nus, les diverses cultures suivant leur précocité, densité et hauteur.

Il faudrait notamment implanter de puissantes haies de haute futaie transversalement aux vallées en leurs points rétrécis, aménager dans chacune des plaines que traverse le Rhône, de Condrieu à la mer, des centres de coordination donnant naissance à de puissantes masses d'air ascendantes. Ces haies et ces centres d'appel contribueraient à interrompre la propagation du vent sur un parcours de plus de 200 kilomètres ; son accroissement de puissance et sa violence seraient ainsi diminués. Les centres pluvigènes dans les étangs de Berre, du Vaccarès, et même dans la Crau, permettraient, en outre, par suite de la multiplication des pluies dans ce désert caillouteux, d'atténuer l'action que cette énorme aire de surchauffe exerce, et d'accélérer sa mise en culture, concurremment avec les canaux de Craponne et des Alpilles.

Le colmatage par les eaux troubles de la Durance a déjà permis de réduire considérablement l'étendue des 20 mille hectares à l'état désertique de cet immense

---

(1) Des expériences que nous avons poursuivies sur l'évaporation résulte que celle-ci est considérablement réduite dans les terrains graveleux ; par contre l'échauffement de ces terrains est bien plus notable, et c'est précisément ce qui provoque la création de centres de dépression, autrement dit la formation de masses d'air ascendantes.

(2) *Le Mistral*, par Rougetet, dans « La Météorologie » janvier 1923, p. 23, et compte-rendu de l'Académie des Sciences, août 1925, fascicule 9, p. 323

champ de cailloux. L'accroissement des pluies accélèrera la conquête à la culture des parties encore stériles, et diminuera l'appel dans la vallée du Rhône, d'où atténuation du mistral.

Propriétés de l'air humide

Bien qu'il soit évident à priori que pour produire la pluie mieux vaut installer les centres de coordination au milieu des grandes surfaces à évaporation active, il est bon d'indiquer et d'évaluer les influences qui justifient cette conviction. Les voici :

1° A température égale, l'air le plus humide, ainsi que nous l'avons déjà vu, est le plus léger, contrairement à ce que croit le public ;

2° Alors que l'air saturé d'humidité capte 1/10 des radiations solaires, l'air sec en absorbe 50 fois moins. De là résulte que l'air humide se refroidira plus lentement en s'élevant dans le ciel. Il peut, par suite, pour une même surchauffe initiale s'élever plus haut que l'air sec ;

3° Plus l'air qui affluera à nos centres de coordination sera humide, moins il aura à se refroidir, moins en conséquence à monter haut pour arriver à condensation et engendrer des massifs nuageux. Or, moins notre colonne ascensionnelle sera haute, moindre sera l'influence des actions perturbatrices dues à l'atmosphère ambiante.

Dans son ascension, notre colonne d'air chaud et humide va dans sa périphérie tendre à entraîner la gaîne atmosphérique qui l'entoure ; il y aura frottement, tourbillonnement, appel, mélange ; d'où réduction progressive de son diamètre. Cette réduction sera d'autant moindre que la phase de condensation aura été atteinte à plus bas niveau ; et dans les régions arides cet élément est à prendre en considération.

Surchauffes nécessaires suivant humidité de l'air

Mais pour préciser mieux vaut recourir à un examen numérique. Dans tout ce qui va suivre nous admettrons que la température de l'atmosphère s'abaisse de 1 degré par 180 mètres de hauteur, ce qui est la situation moyenne, et que l'air marque 20° au niveau du sol. A saturation il renfermerait 17 grammes 117 de vapeur par mètre cube.

Supposons d'abord que son humidité soit de 70 % et que nous n'ayons rien disposé pour l'accroître ; chaque mètre cube d'air renferme 12 gr. de vapeur. En consultant les tables météorologiques nous trouverons que l'air saturé à 14° centigrades renferme précisément ce poids de vapeur ; il faut donc que la colonne ascensionnelle, en s'élevant vers le zénith, se refroidisse jusqu'à 14 degrés, soit de 6° avant que la condensation commence.

La température dans l'atmosphère s'abaissant de 1 degré par 180 mètres, nous trouverons la température de 14° à une hauteur égale à 6 fois 180, soit 1.080 mètres. Il faut donc que notre colonne s'élève à cette hauteur. Mais par détente l'air à 70 % d'humidité se refroidit de 1 degré par chaque 103 mètres d'ascension ; en s'élevant de 1.080 m., l'air de la colonne se refroidira de 1.080 : 103 soit 10°48. La température au niveau du sol devra donc dépasser 14° + 10°48 soit 24°48, et

comme elle n'est que de 20° il faut chauffer l'air de 4°48 au moins. Dès lors, à toute hauteur jusqu'à 1.080 mètres, sa température sera plus grande, sa densité plus petite que celle de l'atmosphère, la colonne ascensionnelle pourra donc atteindre cette altitude.

Envisageons maintenant le cas d'un chott avec lagon, et supposons que, grâce à son cheminement prolongé rez les eaux du chott, l'humidité qui était de 70 % atteigne 80 %. Chaque mètre cube d'air renferme maintenant 8/10 de 17 gr. 117., soit 13 gr. 69 de vapeur. En suivant la même filière que ci-dessus, nous verrons qu'il suffira qu'il se refroidisse à 16°2 pour arriver à saturation. Cette température nous la trouverons dans l'atmosphère à 684 mètres de hauteur ; notre colonne, en s'élevant à ce niveau, se refroidit de 684 : 104 soit 6°57. Il faut, par suite, qu'au niveau du sol sa température dépasse 16°20 + 6°57 soit 22°77 ; et comme l'air ambiant est à 20°, il suffira de l'échauffer d'un peu plus de 2°77.

Rapprochons ces chiffres :

Humidité de l'air	*Echauf. nécessaire*	*Haut. à laquelle la condensation commencera*
—	—	—
70 %	4°48	1.080 mètres
80 %	2°77	684 mètres

Ainsi plus l'air est humide, moins il faut le chauffer et plus petite sera la hauteur à laquelle il aura à s'élever pour arriver à saturation.

Merveilleuse puissance ascensionnelle de l'air humide

Mais il ne suffit pas qu'il y ait un commencement de condensation, il faut que celle-ci se poursuive ; pour ce, il faut que l'air de la colonne continue son ascension. C'est ce qui va se produire spontanément grâce à la restitution de la chaleur latente emmagasinée par les vapeurs incluses dans l'air humide.

Chaque gramme d'eau, pour se vaporiser, a absorbé 6/10 de calorie, ce qui, pour l'air à 80 % d'humidité renfermant 13 gr. 69 de vapeur, donne 8 calories 21.

Pour chauffer de 1° ce mètre cube d'air, il suffit de 0,286 calorie. La quantité de chaleur nécessaire pour évaporer 1 gr. d'eau étant de 0,600 calorie, chaque gramme de vapeur qui se condense réchauffe l'air de 0,600 : 0,286, soit 2°1. Si toute la vapeur se condensait, ce qui est d'ailleurs impossible, le réchauffement atteindrait 28°7 et on voit par là quelle énergie considérable est incluse dans la vapeur de ce mètre cube d'air humide.

Si, au lieu de la mesurer en calories ou en degrés thermométriques, on l'évalue en kilogrammètres, unité qui représente le travail dépensé pour soulever un kilogramme à un mètre de hauteur, on verra plus nettement encore quelle merveilleuse faculté latente d'ascension l'air humide renferme.

Une calorie peut produire un travail de 425 kilogrammètres ; les 8,2 calories emmagasinées dans le mètre cube d'air à 80 % d'humidité peuvent donc produire 3.485 kilogrammètres ; ce mètre cube d'air pesait au niveau du sol 1 k. 20, il renferme donc une énergie suffisante pour s'élever à 3.485 : 1,20 soit plus de 2.900 mètres au-dessus du niveau de condensation, et abandonner par suite la majeure partie de la vapeur qu'il renferme.

Pour libérer cette énergie latente, il a fallu ici chauffer l'air de 2°77, ce qui lui a permis de s'élever à 684 mètres. Après quoi, le point de saturation étant atteint, le déclenchement se produit spontanément et l'air pourrait s'élever de plusieurs milliers de mètres si des influences perturbatrices ne s'exerçaient point, refroidissement par rayonnement dans les hautes régions du ciel dès que la vapeur est passée à l'état de particules liquides, comme le fait observer Tyndall, refroidissement par évaporation, surcharge du nuage par les gouttes d'eau, entraînement vers le bas par leur chute.

Ainsi s'explique ce paradoxe : Toutes les pluies sont dues au refoidissement de l'air et, pour que ce refroidissement puisse se produire, il nous faut cependant commencer par chauffer l'air.

Dépression barométrique due à la dilatation

Ayant calculé le nombre de degrés dont il faut accroître la température de l'air pour que par ascension il arrive à saturation, il nous est maintenant aisé d'évaluer la dilatation dans nos colonnes ascensionnelles, de voir par suite si nous avons bien créé une dépression supérieure à un mètre de hauteur d'air.

Nous avons vu qu'il fallait chauffer de 2°77 l'air à 80 % d'humidité marquant 20° et qu'à 684 mètres de hauteur il serait saturé.

Au bas de la colonne l'écart avec l'atmosphère est de 2°77, à 684 m. il est nul : soit en moyenne 1°38. La dilatation est donc de $\frac{684 \times 1,38}{273}$, soit 3 mètres 45.

Par suite, tout comme dans les thermosiphons à eau destinés au chauffage des maisons, une partie notable de ces 3 m. 45 d'air va se déverser latéralement ; la colonne sera allégée d'autant ; la dépression créée est par suite plus que suffisante pour que l'appel se propage à plus de dix kilomètres. On ne peut toutefois l'évaluer exactement : La comparaison avec le thermosiphon n'est point rigoureuse, la colonne ascensionnelle n'est pas incluse dans un tuyau étanche, l'air se déverse latéralement dans toute la partie du trajet située au-dessus du plan neutre, plan dans lequel la pression est la même dans la colonne et dans l'atmosphère, alors que, cependant, en haut elle est plus grande et en bas plus petite.

Dans le cas de l'air humide à 70 % la dilatation atteint 8 m. 82, la dépression créée est encore plus grande que ci-dessus.

Admettons, et c'est là une hypothèse défavorable, que le déversement latéral soit seulement de moitié, ci, une dépression de plus de 4 m. 41 de hauteur d'air. L'appel pourrait se propager à plus de 44 kilomètres de l'aire de surchauffe et s'étaler sur plus de 600.000 hectares si l'atmosphère de la région était en repos complet. Il est par suite permis d'affirmer que, pendant les périodes de calme à ciel pur, il est aisé à l'homme de prendre la maîtrise des vents, c'est-à-dire de les faire naître, de les diriger au mieux de ses besoins.

Détermination des quantités de pluie

Calculons maintenant le nombre de mètres cubes d'air qui seront appelés en une heure par des centres d'appel de dix hectares, et ce dans chacun des états atmosphériques envisagés jusqu'ici ; il nous sera ensuite aisé d'estimer l'importance

des pluies produites et de dire quelle est la surface qu'il faut adopter pour les centres de coordination.

Le soleil déverse à Paris sur le sol 10 à 15 grandes calories par minute et par mètre carré de surface normale à ses rayons, mais nous pouvons en Algérie admettre 15 calories pour les heures chaudes de la journée comme première approximation, sans tenir compte de l'obliquité des rayons solaires.

D'autre part, pour échauffer de 1° un mètre cube d'air à 20° de température et 70 à 80 % d'humidité, il faut 0,286 calorie.

Examinons d'abord le cas de l'air marquant 70 % à l'hygromètre ; l'accroissement de température doit en ce cas atteindre 4°48, la dépense en calorie sera 1,28. Chaque mètre carré de notre aire de surchauffe à sec, terre pulvérisée ou pierrailles, pourra échauffer par heure 15 × 60 : 1,28 soit 703 mètres cubes et nos 10 hectares de mulch, 70 millions 300.000 mètres cubes.

Si, dans son ascension, l'air se refroidit à 0°, chaque mètre cube d'air abandonnera 12 gr. 00 — 4 gr. 83 soit 7 gr. 17 et nos 70.300.000 mètres cubes laisseront précipiter 503 mètres cubes 950 de pluie (4 gr. 83 est le poids de vapeur qui sature 1 mètre cube d'air à 0° centigrade et 760 m/m de pression).

De prime abord ce résultat paraît médiocre ; que l'on y réfléchisse un instant, on verra que tout au contraire il est dû plus haut intérêt : Adoptons cent hectares pour la couche pulvérulente ou graveleuse réservée aux cultures d'été ; nous obtiendrons 5.000 mètres cubes de pluie par heure pendant plusieurs heures, au cours des belles journées de soleil et de calme.

Cette eau nous ne l'avons prise ni dans la mer ni dans un chott, ni même empruntée à la végétation de nos champs.

Nous avons en effet implicitement supposé qu'ils étaient encore nus et, qui plus est, secs ; nous nous sommes borné à contraindre de l'air pas très humide (70 %) ,pas très chaud (20°), comme point de départ, à converger vers un centre de surchauffe, puis à s'élever dans le ciel de 1.080 mètres.

De plus, ainsi que nous l'avons montré, chaque pluie pourra en faire naître d'autres allant en s'amplifiant. C'est là une considération qu'il ne faut jamais perdre de vue ; notre objectif est, en effet, d'amorcer la pluie.

Ce type d'aménagement peut être adopté en mille et mille lieux, donner des pluies un peu partout.

Son rendement sera considérablement accru dès que la végétation couvrira le sol d'un épais tapis de verdure.

Si l'humidité de l'atmosphère est inférieure à 70 % l'air aura à se chauffer d'un plus grand nombre de degrés, la phase de condensation ne sera atteinte qu'à un niveau plus élevé, des pluies peuvent encore néanmoins se produire, mais c'est là une question sur laquelle nous aurons à revenir.

Notons d'ailleurs qu'il eût été logique d'admettre qu'en frôlant les terrains insolés et nus, l'air appelé se réchauffe et n'ait par suite à emprunter au mulch ou à la pierraille qu'une partie du calorique nécessaire ; la masse d'air appelé pourra donc être deux fois, quatre fois plus grande que nous ne l'avons calculé et il en sera de même du rendement en pluie.

Disons aussi qu'il ne suffit point que le calme règne et que le soleil brille pour bénéficier d'un état atmosphérique vraiment favorable aux pluies de chaleur ; il faut aussi que la décroissance de température dans l'atmosphère soit rapide.

Pour éviter toute critique, nous avons adopté une décroissance de 1° par 180 mètres qui est la variation moyenne, nous verrons un peu plus loin que le rendement en pluie s'accroît d'autant plus que la température dans l'atmosphère décroît plus vite.

Examinons maintenant notre deuxième cas : l'humidité de l'air qui afflue à la périphérie de notre aire de coordination est de 80 %. Chaque mètre carré de lagon absorbe 15 calories par minute. Il y a ici à la fois évaporation de la couche mince d'eau et chauffage de l'air au contact avec elle ; nous ne savons combien de calories seront consommées de part et d'autre et une hypothèse s'impose.

Prenons le cas extrême, celui qui réduit au minimum l'appel d'air ; supposons que l'évaporation absorbe les 4/5 de la chaleur, soit 12 calories, et le chauffage de l'air 1/5, soit 3 calories.

Chaque mètre carré de lagon vaporisera en une minute 12/0,6 soit 20 grammes d'eau. Par tâtonnement on arrive à trouver que l'appel d'air sera de 9 mètres cubes 80, par mètre carré par minute, s'échauffant de 1°05 et s'enrichissant de 2 gr. 04. C'est à 265 mètres de hauteur que commencera la phase de condensation. Arrivé à 0° chaque mètre cube d'air aura abandonné 15,73 — 4,83 soit 10 gr. 9 de pluie. L'appel par dix hectares sera, par heure, de 59 millions de mètres cubes d'air qui donneront 651 mètres cubes de pluie.

Supposons maintenant que nous laissions le lagon à sec ; tout le calorique est alors utilisé au chauffage de l'air, nous avons trouvé que sa température devra être accrue de 2°77, soit une dépense en calories de $2,77 \times 0,286 = 0,792$; chaque mètre carré de lagon peut faire appel de 15/0,792, soit 18 m. 39 par minute, ci, 113 millions par heure pour nos dix hectares. La chute de pluie, si l'air se refroidit à 0°, sera par mètre cube de 13 gr. 693 — 4 gr. 835 = 8 gr. 858 et au total de 1.004 mètres cubes par heure.

Reportons tous ces chiffres côte à côte :

Humidité de l'air affluant	Echauffement nécessaire	Enrichissement en vapeur	Appel d'air par dix hect. en millions de m. c.	Pluie par heure en m. c.	Niveau de la base des nuages
70 %	4°48	0,00	70	504	1.080 m.
80 %	1°05	2,04	59	651	265 m.
80 %	2°77	0,00	113	1004	684 m.

Ce tableau permet de voir qu'il nous est loisible de faire varier la hauteur à laquelle se formeront les massifs nuageux et consécutivement, à brises égales, la distance à laquelle tombera la pluie en admettant l'eau sur une partie plus ou moins grande du lagon, lequel d'ailleurs devra être divisé en 3 à 4 anneaux concentriques pour être utilisé comme saline.

Dans les divers exemples ci-dessus, nous avons supposé que la température de l'atmosphère était de 20°.

Les accroissements de pluies seraient 55 % à 25°, 126 % à 30°. Par contre, la diminution atteindrait 43 % à 15° et 76 % à 10°.

Plus rapide est la décroissance de température vers le zénith plus copieuses seront les pluies

Nous avons dit que le rendement en pluie sera considérablement accru pendant les journées où la décroissance de température dans l'atmosphère est plus grande que sa valeur moyenne ; il est aisé d'en donner la preuve : Reprenons notre premier exemple, air à 20° de température, 70 % d'humidité ; il renferme 12 grammes de vapeur par mètre cube et il faut qu'il se refroidisse à 14° pour être saturé.

Lorsque la température décroît dans l'atmosphère de 1° par 180 m., c'est à 1.080 m. qu'il faut que l'air s'élève et pour ce, le chauffer de 4°48.

Si elle décroît de 1° par 120 m., c'est à 6 × 120, soit 720 mètres, que l'atmosphère marque 14° et c'est à cette hauteur qu'il suffira que l'air monte. Dans cette ascension il se refroidira de 720 : 103, soit 7°. Il faut que, arrivé à ce niveau, il marque 14° ; sa température au bas de la colonne devra donc être 14° + 7° soit 21°. Il est à 20°, il suffit par suite de la chauffer de 1° au lieu de 4°48. La quantité d'air appelé pourra atteindre 336 millions de mètres cubes par heure et la pluie 2.400 mètres cubes.

Accroissements des pluies dus à une atmosphère plus humide

Autre remarque : nous avons supposé ci-dessus que l'humidité de l'air était seulement de 70 % ; mais en bien des jours, en bien des heures, elle atteint spontanément 80, 85, 90, 95 %. Avec de l'air à 85 % et la décroissance de 1° par 120 mètres, le rendement par calorie solaire est triplé, l'appel peut être de plus de un milliard de mètres cubes d'air par heure et la pluie atteindre 7.200 mètres cubes.

De même dans le cas d'un centre pluvigène de pleine mer, ou situé au milieu d'un grand chott, l'air affluant à la prairie de macrocystis ou au lagon, après long parcours rez les eaux, pourra marquer 90 et même 95 % d'humidité.

L'échauffement à lui faire subir sera en ce dernier cas de 0°138 si la décroissance dans l'atmosphère est de 1° par 120 mètres. Le volume d'air appelé par dix hectares de lagon et par heure sera de 23 milliards de mètres cubes ; et la pluie sera de 26.000 mètres cubes si le lagon était à sec.

Mais c'est là un cas extrême indiqué seulement comme limite des possibilités ; il suppose en effet la réalisation simultanée de deux conditions très favorables : humidité excessive de l'air, décroissance très rapide de la température dans l'atmosphère.

Surfaces des centres pluvigènes

De l'ensemble des chiffres donnés ci-dessus résulte que si, comme premier essai, il suffit de donner dix hectares à l'aire de coordination pour fournir la preuve que le problème de la production des pluies est radicalement résolu, il faudra, dans les applications, adopter des aires de cent hectares pour le moins, et mieux de quelques centaines d'hectares. Ceci nous amène à faire observer que, soit qu'il s'agisse de la mince lame d'eau d'un lagon ou de la couche pulvérulente ou caillouteuse aménagée

au milieu des plaines ou plateaux dépourvus de toute nappe d'eau, l'augmentation des dépenses d'installation sera compensée à la fois par l'accroissement des pluies et par le rendement plus grand de la saline ou des cultures de printemps.

Dans le tableau suivant sont indiquées les surfaces des aires de convergence nécessaires pour donner cent mille mètres cubes de pluie en 4 heures (ou en d'autres termes une pluie de dix millimètres sur mille hectares), ceci par journée favorable aux pluies de chaleur suivant humidité, température, décroissance de ce dernier élément dans l'atmosphère avec l'altitude. Les chiffres ont été calculés en supposant une utilisation de dix calories par minute et par mètre carré.

Ce tableau donne une première indication et en chaque région, suivant objectifs visés et météorologie régionale, facilitera la détermination de la surface à donner aux aires d'appel.

Surfaces de coordination

mulch, pierrailles, lagon à sec, nécessaires pour donner cent mille mètres cubes de pluie en 4 heures

Température de l'atmosphère	DÉCROISSANCE de température dans l'atmosphère 1° par 150 mètres			DÉCROISSANCE de température dans l'atmosphère 1° par 180 mètres		
	Humidité			Humidité		
	70 %	80 %	90 %	70 %	80 %	90 %
	hectares	hectares	hectares	hectares	hectares	hectares
15°	787,5	366,1	140,5	1.283	618	232
20°	458,1	225,0	89,7	746	380	145
25°	300,0	152,5	62,1	490	260	103
30°	210,5	107,2	44,6	337	132	74

Ces chiffres supposent que tout le calorique est emprunté à l'aire de coordination ; ils seraient réduits de moitié si moitié du calorique est pris à la zone périphérique, fait qui se produira bien des fois.

De même ils devraient être réduits de 1/3 si chaque mètre carré de la surface d'appel reçoit 15 calories solaires au lieu de 10 ainsi que le suppose le tableau ; or ce cas sera très fréquent. Si les deux conditions ci-dessus sont réalisées simultanément, les chiffres du tableau seraient trois fois plus petits.

Tours de centrage

Ces aires de surchauffe vont provoquer l'appel de l'air sur de vastes étendues et il est à présumer que, tant au milieu des champs de pierraille qu'au milieu des chotts ou des prairies de macrocystis, l'appel se centrera assez souvent et donnera spontanément naissance à une unique et puissante colonne ascensionnelle : il sera néanmoins de beaucoup préférable, surtout pour les aires de surchauffe de grande superficie, d'accroître la fréquence de ce centrage en installant en leur milieu une

tour conique en tôle ayant au moins 15 à 20 mètres de haut, à parois inclinées de 60°, coiffée d'un segment sphérique.

Dès que le soleil luira à l'horizon, la moitié de la tour sera frappée par ses rayons et, en raison de leur faible capacité calorique, les tôles faisant face à l'Est s'échaufferont promptement. Il en sera d'ailleurs de même de tout le segment sphérique. L'air inclus dans la tour va, en effet, incessamment frôler la paroi chaude, s'élever au plafond et le réchauffer.

Bien avant que la température des terres se soit sensiblement accrue et que naissent les brises de mer, le segment sphérique servira de base à une colonne ascensionnelle dont l'appel, allant rapidement en croissant à mesure que le soleil monte, se fera sentir plus au loin.

Grâce à son relief, à sa forme, à sa parfaite adaptation au rôle qui lui est dévolu, la tour amorcera et centrera incessamment l'appel, quelque position qu'occupe le soleil dans le ciel. Elle évitera sans doute assez souvent les émissions, par petits paquets, des bouffées d'air chaud ou d'air humide, de même que la multiplication des petits tourbillons.

Pendant les journées de grand calme elle permettra, dès les premières heures du jour, de vaincre la viscosité des strates inférieures de l'atmosphère ; elle servira en quelque sorte de perce-ciel et de centre directeur. Finalement, elle accroîtra la fréquence des pluies.

Qu'il s'agisse d'un lagon au milieu d'un chott, d'un centre de coordination au milieu d'une plaine ou au large des rivages, c'est dans ses flancs que seront installés les magasins, les logements nécessaires à l'exploitation de la saline, des terrains en culture ou des industries de la mer. A défaut de tour métallique, il y aura lieu, tout au moins, d'édifier soit un ensemble de maisons distribuées sur une circonférence, soit des baraquements semblablement disposés, le tout avec toitures inclinées, faisant affluer vers le centre une colonne d'air surchauffé.

La tour de centrage n'est pas indispensable

La tour de centrage n'est pas indispensable à la production des pluies, mais elle paraît devoir en accroître la multiplication.

Comme premier essai on pourra se contenter d'un terre-plein de quelques dizaines d'ares sur lequel sera disposé un paillis. L'aire de surchauffe créée par ce paillis sera, bien entendu, protégée contre la submersion par une petite levée de terre.

Ce revêtement sera constitué par de la paille de marais ou des roseaux ou des herbes de prairies flottantes faucardées, etc... Ces végétaux, s'étant asséchés après quelques journées de coupe, deviendront peu conducteurs de la chaleur et permettront à l'air retenu par leurs éléments constitutifs de s'échauffer considérablement avant de s'élever dans l'atmosphère.

Au centre de ce terre-plein sera édifiée une paillotte conique de grande dimension qui pourra être construite sans difficultés par les indigènes avec les matériaux du pays, donc à peu de frais.

Le paillis devra être imprégné de chaux noircie ou de tout autre ignifuge noir bon absorbant des radiations solaires.

Dans le devis estimatif d'installation pluvigène à la Sebkha d'Oran, établi en juin 1913, j'étais arrivé à la somme de 40.397 fr. 37 pour une tour cônique en tôle, de 25 mètres de diamètre à la base et de 20 mètres de hauteur, pourvue de 4 canaux en spirale destinés à imprimer un mouvement de rotation à la colonne ascensionnelle. Mais, après deux ans d'expérimentation sur un petit modèle, j'ai reconnu que la rotation était beaucoup trop rapide et qu'il se formait une corde tourbillonnaire de fumée qui se rompait constamment. Il m'a suffi pour cela d'introduire au bas de chaque canal un brin de corde enflammé producteur de fumée. Mieux vaut donc ne pas armer la tour de canaux ; ce qui entraîne une économie sensible.

Choix de l'emplacement

Nous ne saurions trop insister sur l'importance extrême du choix de l'emplacement d'un centre de coordination. L'air se déplace avec une telle facilité qu'il faut attentivement, dans un grand rayon dans toutes les directions, rechercher s'il n'y a point des centres de perturbation, notamment terrains impropres aux cultures et qui, par suite, constitueront des aires de surchauffe adventices, grands élargissements sablonneux graveleux dans le lit des oueds, et tout particulièrement versants montagneux dénudés frappés par le soleil levant.

Si vers le milieu de cette plaine, de ce plateau, existe un mamelon, une butte à profils réguliers se raccordant bien avec les terrains avoisinants, la tour devra être édifiée en son point culminant. Les cent hectares réservés aux cultures d'été s'étaleront régulièrement tout autour suivant un cercle. Les allées d'arbres seront dirigées droit vers elles suivant les rayons. On se gardera d'édifier d'importantes constructions à quelque distance. Chacune d'elles consituerait, en effet, une aire de surchauffe, un centre d'appel donnant naissance à une dérivation des brises, à des remous. Finalement, tout sera disposé pour que l'air puisse arriver de tous les points de l'horizon sans rencontrer d'obstacles et affluer sous forme d'une nappe régulière, sans discontinuités ni tourbillonnements intenses.

L'ascension de l'air qui s'élève au-dessus de l'enceinte dépend de l'écart de température avec l'atmosphère du lieu. Il faut donc une aire de surchauffe au milieu de vastes étendues qui s'échauffent un peu moins.

Il importe de bien faire observer qu'il faut qu'il y ait tendance à l'ascension, non seulement au-dessus de l'enceinte, mais bien aussi tout autour, mais à un degré moindre. C'est ainsi qu'un îlot en pleine mer ne donnera pas de colonne ascensionnelle se couronnant de nuages si les eaux de la mer sont froides, autrement dit si la profondeur est grande ; la masse ascensionnelle ne comprendra en ce cas que l'air qui s'est échauffé au contact de l'île. Notons que, en s'élevant, l'air se refroidit; arrivé à une certaine hauteur il va redescendre ; l'on a alors un circuit fermé et l'appel vers le large n'a pas lieu.

Fréquence relative des pluies en chaque saison

De ce qui précède le lecteur ne doit pas déduire que les centres de coordination envisagés ne donneront en saison froide que de très rares pluies ; ce serait restreindre singulièrement leur utilité.

Pour accroître la valeur économique de notre empire africain, ce sont aussi les pluies d'automne, d'hiver et de printemps qu'il faut multiplier ; et c'est ce que nous ferons.

Les considérations suivantes justifient cette affirmation. L'évaporation est, il est vrai, bien moindre en hiver ; mais d'autre part, la capacité de saturation de l'atmosphère subit une réduction non moins importante ; les chiffres ci-dessous le démontrent.

Les quantités de vapeur incluses dans une colonne d'air saturé de un mètre carré de base et s'élevant jusqu'aux limites de l'atmosphère sont les suivantes :

Temp. au niveau du sol	*Poids de vapeur*
10°	26 k. 383
20°	52 k. 355
30°	97 k. 045

Ces chiffres ont été calculés dans le cas d'un état atmosphérique caractérisé par un abaissement de température de 1° par 200 mètres d'altitude.

Ainsi qu'on le voit, la capacité de saturation de l'atmosphère est à 10° trois fois et demie moindre qu'à 30° ; par suite, une évaporation trois fois et demie plus petite peut donner lieu à des pluies aussi fréquentes, mais celles-ci seront moins copieuses.

Examinons cependant l'objection qui pourrait être soulevée : Dans les pays du Nord, dira-t-on, les orages (autrement dit les pluies de chaleur) sont beaucoup plus nombreux en été qu'en hiver. Le fait est certain mais non pas absolument général. (C'est ainsi qu'à Bergen, en Norvège, la fréquence des orages est beaucoup plus grande en hiver qu'en été.)

Mais cette rareté pendant la saison froide paraît due à la trop fréquente nébulosité du ciel en bien des régions, ce qui n'est certes pas le cas sur nos rivages de l'Afrique du Nord.

En fait, là où les brouillards sont persistants, ils empêchent le sol de s'échauffer ; l'air à son contact reste froid ; il n'a donc pas tendance à s'élever dans le ciel, à former des nuages et à donner la pluie.

C'est même à la persistance des brouillards, ainsi qu'à l'action des courants marins froids qui provoquent leur formation, qu'est dû l'état désertique de certains littoraux océaniques. Nous l'avons vu en parlant du courant de Humboldt le long de la « costa » péruvienne (Lima).

L'importance des aires de surchauffe est donc considérable : Là où le soleil n'atteint point le sol, ne peuvent se former des massifs ascensionnels générateurs de nuages pluvigènes.

Mais pour bien établir que, pendant tout le cours de l'année, le soleil déverse sur la terre une quantité suffisante de calories, il suffit de constater que quelques orages se produisent en tout lieu au cours de l'hiver. Parfois même ils donnent de la neige.

Efficacité de l'intervention de l'homme

Autre constatation non moins importante : Kingston bénéfice de 150 orages par an, alors que sur ce même littoral de la Jamaïque, en des points voisins, ce

nombre se réduit à 50. C'est donc que, à radiations solaires de même intensité, le rendement en pluie peut être triplé ; et c'est là un indice on ne peut plus favorable : Par avance il démontre combien sera efficace notre intervention.

Il ne faudrait point croire, en effet, que toutes choses soient distribuées, aménagées pour le mieux. Tout au contraire, partout on rencontre le manque de coordination, le gaspillage.

Finalement, on ne saurait douter qu'en substituant l'organisation au désordre, l'homme ne parvienne à restreindre progressivement les zones stériles, à accroître le domaine colonisable, à rendre la terre beaucoup plus productive.

Il faut, par la multiplication progressive des centres de coordination, assurer la remise en eau des lacs, des chotts, des immenses dépressions de notre empire africain, qui se sont peu à peu asséchés au cours des millénaires. Ce sera, certes, œuvre de longue haleine, mais chaque effort sera largement rémunérateur et en provoquera d'autres ; il y aura continuité, tout comme pour le défrichement et la mise en valeur des pays nouveaux.

Sur plus du cinquième des continents cette même restauration s'impose impérieusement. Il ne serait pas sans gloire pour la France d'être l'initiatrice de cette œuvre féconde.

QUATRIÈME PARTIE

REFUTATION DES OBJECTIONS

1re objection : Instabilité des colonnes ascensionnelles

Ces colonnes ascensionnelles ne vont-elles pas à la moindre brise s'infléchir sur l'horizon ? Telle est sûrement la pensée qui se présente à tous les esprits. Chaque jour, en effet, nous constatons que les fumées qui sortent de nos plus puissantes cheminées d'usines se couchent sous la brise, au lieu de poursuivre leur mouvement ascensionnel, et ceci nous induit à croire qu'il doit en être de même quelle que soit la section, quel que soit le diamètre du massif ascensionnel.

De multiples faits nous permettent d'affirmer que cette crainte cesse d'être fondée dès que la masse ascensionnelle a une certaine ampleur. En voici quelques-uns :

Ile Jarvis ; rafales de pluie coupées en deux par une colonne ascensionnelle

L'île Jarvis est un ancien attoll émergeant de quelques mètres à peine, formé de récifs coralliens dont la lagune a été comblée. « On doit signaler, dit de Lappa- « rent, l'influence assez curieuse que les îles coralliennes exercent sur le régime des « courants d'air. Ces îlots disséminés au milieu de l'Océan, au-dessus desquels les « conditions de température sont si régulières et si uniformes, deviennent comme « autant de foyers de chaleur dont chacun est le point de départ d'une colonne as- « cendante d'air chaud. Cette colonne s'élève à une hauteur considérable et *suffit, « quelle que soit la petitesse de l'île*, pour offrir une résistance efficace au passage des « vents. Ainsi d'après Dana, M. et D. Hague ont souvent observé sur l'île Jarvis « et *les deux îlots voisins* le remarquable phénomène d'une rafale de pluie coupée en « deux, dès la rencontre de l'île, par le courant d'air chaud établi au-dessus du sable « corallien (1). »

Nuage persistant à 80 mètres au-dessus d'une pièce d'eau, malgré un vent de 8 mètres à la seconde

« Un jour que je passais en ballon au-dessus de la forêt de Villers-Cotterêts, « rapporte l'astronome Flammarion, j'ai été fort surpris de voir, pendant près de « 20 minutes, un petit nuage qui pouvait avoir 200 mètres de long sur 150 mètres

(1) De Lapparent. — *Traité de géologie*, p. 378.

« de large et qui était suspendu *immobile* à 80 mètres environ au-dessus des arbres. « En approchant nous en vîmes bientôt cinq ou six plus petits, disséminés et éga- « lement *immobiles.*

« Cependant l'air *marchait à raison de 8 mètres par seconde.* Quelle ancre invi- « sible retenait ces petits nuages ?... En arrivant au-dessous nous reconnûmes que « le principal était suspendu au-dessus d'une pièce d'eau et que les autres marquaient « le cours d'un ruisseau. C'était un courant ascendant d'air humide qui s'élevait « de là, et dont l'humidité invisible atteignait son point de saturation et devenait « visible en traversant le vent frais qui soufflait au-dessus du bois » (1).

Notons qu'il s'agit ici d'air un peu plus humide que l'atmosphère ambiante et pas sensiblement plus chaud, et cependant cette colonne était assez stable pour résister à un vent de 8 mètres à la seconde.

Nuage se formant chaque jour d'été au-dessus de Grondone et donnant la pluie après avoir grossi pendant plusieurs heures

Le savant Vicat, Ingénieur des Ponts et Chaussées, auquel sont dus de grands progrès dans nos connaissances sur l'hydraulicité des chaux et mortiers, rapporte l'observation suivante recueillie à Grondone, village situé dans les Apennins, près d'une très riche mine de fer qui s'élève sous la forme d'un pic isolé :

« Presque tous les jours, dans les mois de juillet et d'août, on voit se former « un nuage électrique au-dessus du territoire ; ce nuage, grossissant insensiblement, « *reste pendant quelques heures* suspendu sur la mine, puis éclate en se déchargeant « vers le pic. Les ouvriers mineurs, ajoute Vicat, avertis par l'expérience, jugent « quand il est temps de quitter la place. Ils se retirent alors à quelque distance, puis « reviennent à leur travail après l'explosion. *J'ai vu maintes fois le nuage de Gron- « done* se former vers midi et *tenir bon jusqu'à 4 ou 5 heures du soir*, puis donner « lieu, après quelques coups de tonnerre, à un petit orage (2). »

Plusieurs des citations précédemment données démontrent ainsi la stabilité relative des masses d'air ascendantes.

Citations D.E. (Voir « Aires de surchauffe naturelles productrices de pluie »). Fréquemment les navigateurs devinent au large les îles coralliennes et même les récifs sous-marins grâce aux massifs nuageux qui flottent à leur zénith ; il ne s'agit plus là d'un cas particulier, mais bien d'un fait général et nous sommes ici en plein océan, en dehors de tout abri.

Nous avons vu que pendant deux, trois mois de suite, presque chaque jour d'été, un orage éclate au-dessus du Faulhorn, du Col du Géant, de Grondone, de Roquebillière, d'Assekren. Il est bien évident, a priori, que l'atmosphère n'était point immobile pendant tous les jours de ces mois d'été, au-dessus de ces massifs montagneux. Il est donc démontré par l'ensemble de tous ces faits que l'on ne saurait plus objecter que nos colonnes ascensionnelles vont s'infléchir sous la moindre brise. Nous avons vu cependant que l'appel pouvait se produire d'une localité à

(1) Flammarion. — *L'Atmosphère,* p. 627.

(2) Margollé et Zurcher. — *Les Météores,* p. 119.

l'autre avec une extrême facilité. Ces deux ordres de fait paraissent, a priori, contradictoires ; ils cessent de l'être si l'on distingue deux étapes dans la formation des massifs ascendants : phase initiale ou de naissance ; phase de plein fonctionnement.

Nous avons déjà dit que la vitesse ascensionnelle de l'air chaud dans une cheminée d'usine est proportionnelle à la racine carrée de la hauteur de cette cheminée dès que celle-ci est pleine d'air chaud ; qu'au départ cette vitesse est nulle, et c'est là le cas normal au-dessus d'une aire de surchauffe solaire tant que la colonne ascensionnelle n'est pas formée. C'est cette naissance qu'il faut protéger. Deux moyens s'offrent à nous : plus prompt échauffement du sol dû à un revêtement mauvais conducteur du calorique : menus graviers, sables, terres rendues pulvérulentes par suite de scarification ; en second lieu, recours à des haies vives ou sèches destinées à accroître l'échauffement du sol, à éviter le trop prompt renouvellement de la couche d'air qui le baigne.

Il sera même avantageux d'utiliser simultanément ces deux moyens, mais en ayant soin de ne pas s'opposer à la convergence des brises.

Les études que l'on poursuit en France sur le mistral, les essais que nous comptons reprendre cet été, permettront sans doute d'élucider plus complètement ce sujet, peut-être même d'indiquer l'artifice à employer pour obtenir de l'air très humide à la base de la colonne ascensionnelle.

2e objection : Insuffisance de la chaleur solaire annuelle en dehors des tropiques

Comme première approximation on peut admettre qu'entre les tropiques il y a, pendant une période de l'année, surabondance de calorique suffisante pour que, en général, quels que soient les revêtements des terrains — cultures diverses, forêts, végétations spontanées — et grâce à la confluence des alizés, les masses atmosphériques soient ascendantes et génératrices de pluies copieuses.

Il serait néanmoins utile, là où l'on se proposerait soit de diminuer, soit d'accroître les précipitations, soit d'en obtenir de plus précoces ou de plus tardives, d'étudier quelle est l'influence respective des divers revêtements ; cela permettrait ensuite d'adopter des assolements culturaux aptes à modifier la pluviosité dans le sens voulu.

En dehors des tropiques, il n'est que quelques cîmes privilégiées de la zone tempérée qui bénéficient d'une saison de pluies d'été presque quotidiennes. Dès lors, on est fondé à croire qu'il y a bien insuffisance de calorique.

Décalage du maximum de température dû à l'emmagasinement par le sol du calorique solaire

En étudiant de plus près ce sujet, on aboutit à des constatations qui méritent la plus grande attention, en raison des conclusions que l'on en pourra tirer. Consultons le tableau des déclinaisons du soleil publié par le Bureau des Longitudes, et portons notre attention simultanément sur le parallèle géographique qui passe par Marseille et sur le grand cercle équatorial. Il est aisé de constater, en comparant les

distances angulaires du soleil à ces deux parallèles, que du 30 mai au 14 juillet, soit pendant 46 jours, Marseille est plus proche du soleil qu'un point quelconque de l'équateur terrestre pendant cette période.

Traversons la Méditerranée et prenons comme termes de comparaison, d'une part le parallèle du 36e degré, lequel coupe en deux le littoral algérien, laissant au Nord Ténès, Cherchell, Alger et tous les ports de l'Est, au Sud Mostaganem, Oran, Nemours ; d'autre part le cercle équatorial. Nous verrons que du 12 mai au 1er juin, soit pendant 77 jours, le soleil est plus proche du parallèle de 36° de latitude que de l'équateur : la pénurie des pluies d'été n'est donc point due à la trop grande obliquité des radiations solaires. Plusieurs faits sont à signaler à l'appui de cette assertion :

Il résulte des graphiques des planches I et II que, même dans la zone tropicale, il faut une période d'incubation considérable, un emmagasinement de calorique se prolongeant pendant plus d'un mois, pour que la période des pluies se dessine franchement.

Cette même conclusion ressort des citations que nous avons données de la thèse de M. Julien Loisel.

Et ceci nous a permis d'expliquer au début de cet ouvrage pourquoi dans le sud algérien les pluies d'été sont moins rares que sur le littoral, malgré sécheresse extrême de l'air dans le Sud et grande humidité au bord de la mer, tandis qu'en hiver les pluies sont beaucoup plus abondantes sur la côte que sur les hauts-plateaux.

De ces divers faits résulte, semble-t-il, que l'inexistence de pluies régulières quotidiennes en été sur le littoral de la Méditerranée, et tout particulièrement sur le littoral algérien, a pour cause, non la trop grande obliquité des radiations solaires en cette saison, mais bien le trop grand refroidissement des terrains en hiver ; refroidissement dû à la pureté de l'air, à sa trop faible teneur en vapeur, à la disparition des grandes nappes d'eau continentales.

3e Objection : Insuffisante humidité de l'air dans le Sud

C'était là l'objection fondamentale, et chacun de me demander — Commission d'Hydraulique d'Alger, examinateurs du Patent Office de Washington — « où prenez-vous l'eau pour faire pleuvoir ? » Je répondais : « Cette eau est sous forme de vapeur dans l'atmosphère ; il suffit de refroidir suffisamment l'air pour qu'il arrive à saturation. Pour ce, que faut-il ? le contraindre à s'élever assez haut dans le ciel. »

J'avouerai cependant que j'ai été on ne peut plus agréablement surpris d'apprendre que le R. P. de Foucauld avait constaté la formation quasi quotidienne d'un petit orage en juillet, août, septembre 1911, à Assekren au sommet du Hoggar, malgré l'extrême sécheresse de l'air. Je n'avais pas pensé au rôle décisif que jouait, dans le phénomène de la production des pluies, la strate atmosphérique qui marque 0 degré centrigrade. Après les constatations de cet homme éminent, l'objection relative à l'insuffisante humidité de l'air dans le sud cesse d'être décisive, surtout si nous prenons en considération qu'il nous est possible de provoquer la pluie en

d'autres saisons qu'en plein été, c'est-à-dire lorsque l'humidité est beaucoup plus grande et qu'en même temps la strate marquant zéro degré est bien plus basse.

Il suffit pour cela de recourir à des revêtements de faible capacité, une couche de pierraille de préférence, ou même en certains cas une feuille de papier comme on en emploie déjà dans bien des cultures.

Suivant la latitude du pays et la nature des cultures prédominantes on s'attachera plus particulièrement à accroître les chutes météoriques en telle ou telle saison.

Au surplus nous verrons qu'en certaines régions il est possible d'augmenter l'humidité de l'air.

4e Objection : Encombrement par le sel des aires de surchauffe aménagées dans les chotts

Un centre de coordination dans un chott peut donner la pluie alors même que, dans l'aire centrale limitée par la digue, les eaux du chott ne seraient pas admises ; ceci supprimerait radicalement tout dépôt de sel. Là où on n'en aurait pas l'emploi, là où les populations se refuseraient à assurer l'entretien en bon état de fonctionnement du centre de coordination aménagé pour leur plus grand profit, chose invraisemblable, il n'y aurait plus à prévoir l'encombrement par les matières salines, mais la phase de condensation dans la colonne ascensionnelle ne sera atteinte qu'à plus grande altitude, la fréquence sera moindre, les pluies tomberont plus loin.

En second lieu, il convient de dire ceci : le sel que les eaux ont déposé pendant une période, fût-elle de quelques mois ou de quelques années, elles peuvent le dissoudre en une autre période, sans qu'il en coûte pour ainsi dire rien. Pour ce, il suffit de laisser pénétrer librement les eaux dans l'enceinte et de les laisser librement en sortir par quelques brèches.

Sous l'influence des vents la masse des eaux se déplace d'une extrémité à l'autre d'un chott, et, grâce à ce fait, le sel déposé peut se dissoudre, le sol reprendra son ancien niveau.

Enfin des années pluvieuses se présenteront à intervalles plus ou moins éloignés ; on les mettra à profit. De tout cela résulte que, même dans les localités trop éloignées d'un port, d'un chemin de fer, pour qu'il soit possible d'exploiter fructueusement les matières salines que renferme un chott, il sera aisé, à l'aide d'une règlementation rationnelle, d'assurer le bon état de fonctionnement indéfini de l'installation, sans avoir à engager de grosses dépenses d'entretien. Les eaux des années pluvieuses seront chargées de ce soin et, en attendant, l'aire centrale sera maintenue à sec.

5e Objection : Macrocystis ; le littoral algérien ne présente pas les fonds rocheux de profondeur voulue

Il nous a été opposé que le littoral algérien se prête peu à l'implantation de champs de macrocystis. Les eaux sont tout de suite très profondes au large, dit-on ; les surfaces utilisables sont trop minimes.

L'Algérie, en effet, ne bénéficie pas d'un large plateau continental (les océanographes appellent ainsi la bande littoralienne ayant moins de 200 mètres de profondeur) : néanmoins il ne serait pas difficile de trouver des fonds rocheux de grande surface en bien des points du littoral, tant à l'ouest vers Nemours, Mostaganem, qu'à l'Est, vers Ddidjelli, Philippeville, Bône ; mais, même dans les régions à bandes littoraliennes plus étroites, l'on rencontrera des îlots favorables à l'implantation de ces algues géantes. Les services qu'elles peuvent rendre en dehors du problème des pluies sont si considérables, si variés, que très sûrement on finira par se résoudre à entreprendre cette culture ; aussi sommes-nous résolus à faire nous-même quelques tentatives. Ces services, nous les avons déjà indiqués bien des fois ; en voici une nouvelle énumération : création de zones de calme entre ces prairies et la terre, ce qui permettrait l'élevage des huîtres, moules, éponges ; enrichissement de la faune ichtyologique du littoral ; substitution aux modestes algues actuelles, de véritables forêts sous-marines jetant à terre, à chaque tempête, des masses d'engrais azotés et riches en potasse. Ce sont là autant de points qui méritent d'être pris en sérieuse considération.

6e objection : Les pluies dues aux centres de coordination des chotts retomberont inutilement dans les chotts eux-mêmes

Dans le cas des chotts il m'a été opposé le dilemme suivant : ou bien la colonne ascensionnelle ne sera pas stable et vous n'obtiendrez rien ; ou bien elle sera stable, le nuage se formera au zénith de l'enceinte et la pluie retombera à peu près exclusivement dans le chott. Ce fait se produira sans doute quelquefois, mais ce ne paraît pas devoir être là le cas normal.

Dans la brochure de M. Plumandon « Les orages et la grêle » il est dit, en parlant de la formation des orages : « habituellement l'orage qui frappe une localité, « arrive de l'horizon, mais quelquefois aussi l'horizon reste pur ou très peu nuageux, « tandis que le zénith et toute la partie du ciel située directement au-dessus de la « localité se chargent de nuages qui deviennent de plus en plus épais. Pendant « longtemps cette masse nuageuse reste immobile et se développe sur place. On ne « voit que des mouvements intestins, partiels, provoqués par l'accroissement des « condensations et les courants ascendants. Puis tout-à-coup, dès que l'orage « commence, c'est-à-dire que la pluie tombe et que le tonnerre gronde, tout l'en- « semble des nuées orageuses quitte brusquement la région où il avait séjourné si « longtemps, se déplace avec une rapidité excessive et disparaît au loin en quelques « instants (1) »

Et, en effet, un nuage n'est jamais homogène, un côté est insolé, l'autre ne l'est pas. Dès que la pluie tombe, à 1 kilogramme d'eau condensée correspond un vide de 1.400 à 1.700 litres ; un nuage a donc tendance à se déplacer dès qu'il commence à donner la pluie. Plumandon ne dit pas que ce fait est dû à une disposition particulière des lieux ; en parcourant sa brochure on voit qu'il cite un grand nombre de déplacements d'orages.

(1) *Les orages et la grêle,* J. R. Plumandon, p. 65.

7e objection : Insuffisante efficacité du dispositif proposé

Le degré d'efficacité dépend de l'étendue de l'aire de surévaporation et de surchauffe. Or, dans le cas des chotts, on peut, sans dépenses excessives, passer de 10 hectares, minimum nécessaire à un essai, à 100. 500, 1.000 hectares. La dépense croît proportionnellement au rayon, tandis que la surface croît proportionnellement au carré du rayon ; en passant de 10 hectares à 1.000 hectares, la dépense pour la digue croîtra de 7.000 à 70.000 francs. Il est donc possible d'avoir des aménagements de très grande étendue avec de modestes capitaux.

Pour les revêtements caillouteux en régions arides, il n'est point douteux que les populations intéressées s'empresseront, en s'imposant des journées de prestations, d'accroître l'étendue des aires de surchauffe dès qu'elles auront reconnu leur efficacité pour la genèse des pluies.

8e objection : Résolution des nuages en pluie

Mais, dira-t-on, il ne suffit pas de produire des nuages ; on en voit chaque jour, en tous lieux, circuler dans le ciel sans qu'ils fournissent la moindre goutte d'eau. Le fait est incontestable, mais il est aisé de répondre à cette objection. Ces nuages, à quoi sont-ils dus d'ordinaire ? à des bouffées d'air humide s'élevant de-ci de-là, au contact des eaux, des prairies, des marécages, d'une grève sur laquelle la mer brise, ce qui accroît considérablement l'évaporation. A ces émissions fragmentaires, dispersées, sans résultante utile, il nous faut substituer des émissions massives, continues, convergentes ; il faut produire des massifs nuageux, imposants, très épais, et, pour ce, faire converger vers un centre d'appel des masses énormes d'air humide, affluant de tous les points de l'horizon.

Fort bien, dira-t-on, admettons que par journée de chaud soleil et de calme, et même par vent modéré, un imposant massif nuageux se forme incessamment au zénith de l'enceinte ; de là ne résulte pas que ce massif donnera la pluie ; il faut en fournir la preuve : La résolution des nuages en pluie est chose fort complexe, nous n'en connaissons peut-être pas tout le mécanisme ; rien ne prouve que cette résolution ne nécessite pas la concordance parfaite d'un certain nombre de conditions météorologiques favorables, peut-être même l'intervention de forces que nous ignorons. A cela nous répondrons sans hésiter, et en admettant que des inconnues subsistent encore, que, cette concordance des forces favorables se produisant spontanément 139 fois par an en moyenne à Mexico, 141 fois à Léon, 167 fois à Ruitenzorg, 180 fois à Cameroun (Citation A) et presque tous les jours sur les îles Palmyras et mille autres îles avec lagons, il n'est pas téméraire d'affirmer que cette concordance se produira bien aussi quelquefois sur nos centres de coordination.

L'homme primitif a asservi le feu bien avant que Lavoisier eût donné la théorie de la combustion. Les alchimistes et droguistes du Moyen-Age réalisaient nombre de combinaisons chimiques utiles, bien que s'inspirant de vues théoriques inexactes. Depuis quelque temps déjà, l'homme moderne a domestiqué avec très grand profit l'électricité, alors cependant qu'il ignorait en quoi elle consistait et qu'il n'est pas bien certain, même à cette heure, que la théorie des électrons ne devra pas à son tour être profondément remaniée. De là résulte bien que fort rarement une théorie irréprochable et complète ait précédé les grandes inventions.

Champs d'expérimentation météorologique ; leur grande utilité

Mécanisme d'un orage à foudre

Il en sera de même pour les pluies : C'est en les produisant fréquemment dans les mille régions qui souffrent de leur pénurie, c'est en créant quelques champs d'expérimentation météorologique convenablement outillés, ainsi que nous le demandions déjà dès 1913 dans le projet de transformation de la Sebkha d'Oran en centre pluvigène, qu'il deviendra possible de perfectionner méthodiquement la théorie des pluies.

A vrai dire, les récents progrès réalisés dans cet ordre d'idées par les savants modernes, notamment par G. Simpson, ne laissent plus grande obscurité. Voici comment s'exprime E. Mathias en décrivant le mécanisme probable d'un orage à foudre : « Quand des courants ascendants étendus se produisent dans un air qui « n'est pas excessivement sec, la formation de Cumulus s'ensuivra. Les courants « ascendants devenant de plus en plus rapides, de grandes quantités d'eau seront « tenues en suspension jusqu'à ce que, lorsqu'ils atteignent une vitesse plus grande « que 8 mètres par seconde, toute l'eau puisse être retenue. En conséquence, il « y aura un brisement considérable de gouttes dans l'air, accompagné d'une sé- « paration d'électricité en vertu de laquelle l'eau se charge positivement et l'air « négativement.

« On sait par les expériences de Lord Rayleigh que des gouttes non chargées ne « se combinent qu'avec difficulté et rebondissent l'une sur l'autre comme si elles « étaient solides. Des gouttes chargées, au contraire, se combinent avec facilité « pour donner de grosses gouttes isolées (1). »

Pour le fusionnement des gouttes voir aussi Boys « Bulles de savon » (Gauthier-Villars) : fusionnement d'un jet d'eau à gouttes dispersées en un jet continu, p. 62 ; fusionnement en un seul, de deux jets se rencontrant sous un angle aigu et rebondissant l'un sur l'autre, p. 68 ; fusionnement en une seule, de deux bulles de savon pressées l'une contre l'autre et restant distinctes, p. 84. Ces fusionnements se produisent dans les trois expériences dès que l'on approche un bâton de cire électrisé.

Pour rendre plus claire la citation de Mathias considérons un courant ascendant : La pression atmosphérique allant en diminuant à mesure qu'il s'élève, sa section s'accroît, par suite sa vitesse diminue et devient assez petite, à une certaine hauteur, pour que les particules condensées cessent de s'élever dans le ciel. A ce niveau ces particules s'accumulent, il se forme une couche très chargée, le fusionnement de ces vésicules d'eau se produit, car, ainsi qu'on va le voir, l'électricité entre en jeu.

Donc les gouttes se forment, tombent, se choquent, vu les différences de vitesse de chute suivant diamètres ; mais l'accroissement du diamètre est limité : Dès qu'une goutte dépasse 4 millimètres et demi sa vitesse de chute devient trop grande, la résistance de l'air s'accroît d'autant ; dès que cette vitesse atteint 8 mètres à la seconde la goutte s'aplatit et se brise.

---

(1) *Traité d'électricité atmosphérique et tellurique*, publié sous la direction de E. Mathias, par MM. Bosler, Loisel, Dongier, Maurain, Girousse, Mesny, p. 377.

Cette fragmentation donne naissance à une production d'électricité, ainsi que cela avait déjà été établi par Lenard, par Thomson pour les cascades et, finalement démontré en laboratoire par J. V. Simpson, grâce à l'appareil qui figure page 373 du traité de Mathias indiqué ci-dessus : « Quand les gouttes d'eau sont brisées dans « l'atmosphère une séparation d'électricité se produit : L'eau se charge positive- « ment et l'air négativement ; de plus, la charge électrique est indépendante de « toute charge antérieure préexistant sur la goutte. » Par suite de cette fragmentation, les fines gouttes remontent dans le courant ascensionnel et apportent leur charge électrique dans la strate riche en particules, ce qui rend possible leur agglomération en gouttes.

Ainsi qu'on le voit, la résolution des nuages en pluie a reçu une explication satisfaisante. Le point essentiel est donc de produire d'imposants massifs nuageux opaques. L'on crée ainsi dans le ciel des aires de surchauffe à grande hauteur.

Aires de surchauffe emmi les nuages

Il n'est point sans intérêt d'analyser de près ce qui se passe parfois dans un massif nuageux volumineux, opaque, mamelonné, exposé à un brûlant soleil par temps calme.

Grâce aux rayonnements, aux réflexions, certains creux frappés par le soleil s'échauffent plus que l'ensemble. Il se crée là une aire de surchauffe et de surévaporation ; les particules qui constituent les parois de ce creux se volatilisent ; l'air s'échauffe et s'élève en masse au-dessus du nuage ; un vide relatif est ainsi créé et ce vide donne naissance à un *tourbillon A*, tout comme dans l'expérience rapportée par C. L. Weyher dans son ouvrage « Les tourbillons, trombes, tempêtes, etc... » (1).

Dans cette expérience, un cylindre en tôle rempli de coke incandescent repose par ses pieds sur un sol humide et l'échauffe ; les vapeurs exhalées par le sol se ramassent, se centrent en un point et s'élèvent sous forme d'une corde tourbillonnaire dont la section va en croissant avec la hauteur. Ce tourbillon est dû au vide produit par la masse des gaz qui s'élèvent du réchaud à coke.

Revenons à l'examen de notre massif nuageux : Le *tourbillon A* transperce parfois le nuage ; un appendice devient apparent ; c'est l'embryon d'une trombe qui peut descendre jusqu'au niveau de la mer ou des terres sous forme d'un tronc de cône très allongé ayant sa grande base sous le nuage.

Dans les trombes marines on voit une petite saillie se former sur l'eau ; cette saillie est bientôt pulvérisée par l'aspiration due à la trombe ; les gouttes d'eau sont projetées tout autour en constituant une sorte de buisson tournant.

Parfois même la trombe se prolonge quelque peu au-dessus du nuage sous forme d'un tronc de cône s'évasant vers le haut, que certains météorologues comparent à une enclume.

Fleuves se jetant à la mer

Les aires de surchauffe terrestres, marines, nuageuses, jouent un rôle immense dans la genèse des météores : il en est qui exercent une action décisive dont on ne tient nul compte. Prenons le cas d'un fleuve se jetant à la mer : Ses eaux, surtout

---

(1) Editeur GAUTHIER-VILLARS, 1889, p. 50, figure 23.

en été, sont beaucoup plus chaudes et, par ce fait, plus légères que les eaux salines du large. Pendant les périodes où le courant littoral est bien marqué, elles sont entraînées parallèlement au rivage sous forme d'une bande de très grande longueur. Supposons maintenant que, à la suite d'une période de calme prolongée, le cheminement le long du littoral cesse, le fleuve va pousser ses eaux au large ; au lieu de s'allonger en un mince ruban elles vont s'étaler en une sorte de cercle de grand diamètre ; il vient de se créer là une aire de surchauffe à très active évaporation ; une dépression se produit, un centre d'appel se forme et modifie l'équilibre de l'atmosphère.

Point n'est besoin, d'ailleurs, d'un fleuve se jetant à la mer pour créer une aire de surévaporation mobile ; un banc de poissons de grande ampleur y suffit. Il nous a été permis de constater pendant plusieurs heures, dans la baie de Ténès, la formation d'un massif nuageux qui n'avait pas d'autre cause, d'autre origine. A mesure que le banc se déplaçait vers le large, le nuage se reformait plus loin, en même temps qu'il se dissolvait du côté de terre. Mais mieux vaut se borner à ces deux exemples.

Action des poussières

La condensation des vapeurs dans une atmosphère dépouillée de poussières exige une sursaturation considérable, ainsi que l'ont démontré les physiciens, notamment Coulier, Mascart, Aitken. Par suite, sur les littoraux océaniques désertiques, là où les vents venant du large sont généralement très pauvres en poussières, il pourrait être utile d'installer des broyeurs de poussières sur quelque île ou promontoire pour voir si les pluies ne seraient pas accrues.

Les cerfs-volants du Colonel Baudouin pourraient aussi être expérimentés : Mis en relation avec une machine statique par un fil conducteur, le cerf-volant, s'il est armé d'une pointe métallique, émettra des milliards d'ions, lesquels pourront servir de noyaux de condensation. Mais ces ions, même les « gros ions », ont des dimensions si minimes qu'ils nécessitent de trop grandes sursaturations pour donner la pluie et ces sursaturations sont bien difficiles à réaliser.

Les émissions de poussière sur quelques cîmes paraissent devoir être bien plus efficaces.

Il convient de rappeler qu'après quelques pluies l'atmosphère peut être très appauvrie en poussières.

Reprenons l'examen des objections.

9e objection : Après une première pluie la terre se refroidira, il n'y aura plus formation de colonne ascensionnelle

Cette objection n'est pas sans fondement ; la période d'incubation nécessaire pour que le terrain s'échauffe suffisamment et engendre à nouveau une masse d'air ascendante dépend, et de l'intensité solaire, et de la nature du revêtement du sol. Ici encore les revêtements en pierrailles jouissent d'un privilège décisif : la pluie les traverse, la quantité d'eau retenue à la surface du revêtement est très faible, l'évaporation aura tôt fait d'assécher les graviers en couverture ; l'échauffement de ces graviers sera bien plus promptement réalisé et la colonne ascensionnelle se reformera bien plus rapidement.

La durée de l'interruption des précipitations est aussi sous la dépendance de la hauteur du soleil et du plus ou moins prompt déplacement du massif nuageux.

Notons que l'objectif à poursuivre est d'accroître la pluie en région aride et non de provoquer d'incessantes chutes. Ceci nous amène à donner une nouvelle citation qui n'est pas sans intérêt.

Lutte de l'alizé et des colonnes ascensionnelles

Il est un navigateur qui a assisté à la lutte de l'alizé et des colonnes ascensionnelles. C'est M. Emile de Jonquières : « L'archipel des îles de la Société présente sur « une longueur de 300 lieues une immense surface de lagons peu profonds, dont plu- « sieurs ont plus de 1 .000 kilomètres carrés, et dans lesquels l'eau n'est que lente- « ment renouvelée par le mouvement de la marée dans quelques passes étroites. « Ces lagons, sur lesquels le soleil des tropiques darde ses rayons presque perpendi- « culaires, forment autant de vastes chaudières dans lesquelles l'eau est portée à une « température de plusieurs degrés supérieure à celle des mers environnantes. Il « en résulte une évaporation abondante, un échauffement considérable des couches « d'air en contact avec la surface de l'eau et un mouvement ascendant de ces « couches d'air qui s'élèvent chargées de vapeur dans les hautes régions de l'atmos- « phère. La condensation qui est la conséquence de ce mouvement ascendant déter- « mine des phénomènes électriques se traduisant par des grains violents, des orages, « et la formation de dépressions barométriques. L'archipel des Tuamotu est donc « une région d'appel où tendent à se porter les masses d'air des parages environ- « nants. L'alizé, qui souffle régulièrement de l'est entre la côte d'Amérique et les « Tuamotu, trouve un obstacle à sa propagation dans le mouvement ascensionnel « des couches d'air au-dessus de ces îles. Lorsqu'il est fort et bien établi, il balaie « l'obstacle et continue sa route vers les îles de la Société ; quelques grains violents, « particuliers aux Tuamotu, sont les seules manifestations de la lutte. Mais si, pour « un motif quelconque, l'alizé vient à mollir dans l'Est des Tuamotu, il se trouve « arrêté sur ces îles ; *le calme qui en résulte contribue à faire augmenter la température « des lagons et le mouvement ascensionnel des couches d'air*. Les masses froides des « régions méridionales tendent naturellement à combler le vide. Dès que le vent a « dépassé le Sud, le temps s'embellit, la température monte, le soleil réchauffe de « nouveau l'eau des lagons, l'alizé mollit et les phénomènes que l'on vient de dé- « crire se reproduisent dans le même ordre (1). »

De grandes aires de surévaporation ne sont pas indispensables pour produire la pluie

« Il se forme souvent au sommet du Puy-de-Dôme, par un ciel absolument « pur, un petit nuage *qui en cache à peine la pointe*. Ce nuage, même quand il ne « dure que très peu de temps, donne quelquefois, suivant la température, une « petite pluie ou de légers flocons de neige (2). »

---

(1) Emile de Jonquières. — *Instructions nautiques et renseignements sur les îles et dangers de l'Océan Pacifique Sud-partie Est,* p. 88 et 89.

(2) Plumandon. — *Les orages et la grêle,* p. 109.

L'épais gazon du sommet du Puy-de-Dôme s'échauffe et transpire sous l'influence des radiations solaires ; il échauffe et enrichit de vapeur l'air qui le frôle. Cet air s'élève, se refroidit par détente et mélange, et atteint le point de saturation. Un petit nuage se forme : après incubation de plus ou moins de durée, la neige ou la pluie tombe suivant température ambiante.

De tout cela il est permis de conclure, en premier lieu, qu'il est possible de créer des centres pluvigènes minuscules ; en second lieu, que la chose est particulièrement aisée sur les hautes cîmes. Notons que le sommet du Puy-de-Dôme est à 1.465 mètres d'altitude.

Cela permet de présumer que d'innombrables centres de coordination seront un jour aménagés sur les hauts massifs montagneux : Atlas, Alpes, Pyrénées, Caucase, Apennins, Karpathes, Montagnes Rocheuses, Cordillères et tout particulièrement dans le Pamir, le Tibet, pour la plus grande commodité des populations. Mais descendons aux mers.

Dans le paragraphe précédent nous avons dit ce qui se passait dans l'archipel des Tuamotu, et l'on pourrait être tenté de croire, vu l'énorme étendue des aires de surévaporation de cet archipel que, pour produire des pluies de chaleur, de grandes surfaces sont indispensables. Les observations faites aux îles Palmyras démontrent qu'il n'en est rien. « Ce groupe consiste en plusieurs petits îlots occupant un espace « d'environ cinq milles de l'Est à l'Ouest, sur un mille de large et *qui ne sont pas « élevés de plus de deux mètres au-dessus de l'eau* ; sur quelques-uns on aperçoit des « cocotiers.

« Ces îlots entourent trois lagons intérieurs. Des dangers s'étendent à environ « un mille des parties Nord, Est et Sud du groupe et sur la partie Nord la mer brise « quelquefois par des fonds de 9 mètres... Il pleut presque constamment et l'on n'a « pas observé plus de 4 jours sans pluie (1). »

De modestes nuages peuvent engendrer la pluie

Il est utile de signaler qu'un seul nuage peut donner la pluie. Arago rapporte l'observation d'un nuage orageux n'ayant que 8 mètres d'épaisseur, planant à 28 mètres d'altitude, d'où s'échappait la pluie, d'où jaillissait la foudre (2).

« Entre 5 h. ½ et 6 heures du soir, six petits nuages isolés, de l'espèce stratus, « étaient disséminés dans le ciel, pur partout ailleurs. Ils étaient très légers, mais au « moment du refroidissement occasionné par le coucher du soleil, ils ont cependant versé de la pluie qu'on voyait tomber en raies verticales très noires. J'ai « même reçu de l'un d'eux qui, vu verticalement de bas en haut voilait à peine de « gris le bleu du ciel, une averse de grosses gouttes de pluie qui dura près d'un « quart d'heure (3). »

Disons enfin que la période d'incubation nécessaire pour donner lieu à des précipitations météoriques ne nécessite par forcément un grand nombre d'heures.

---

(1) *Instructions nautiques et renseignements sur les îles et dangers de l'Océan Pacifique-Nord*, p. 105 et 106.

(2) de la Rive. — *Traité d'électricité*, t. 3, p. 124.

(3) Plumandon. — *Les orages et la grêle*, p. 108.

« Le 21 septembre 1882, dit Plumandon, j'ai pu prendre à 20 minutes d'in-
« tervalle quatre photographies d'un nuage isolé qui avait commencé à se former
« vers 9 h. 50 minutes du matin et qui à 11 h. 40 donnait de la pluie et du tonnerre »
(page 107).

Aires de surchauffe terrestres et nuages ; leurs liens invisibles

Il ne faudrait point croire qu'il soit nécessaire, pour s'assurer de l'efficacité des dispositifs que je propose, de multiplier les pluviomètres et, pendant 10 ans, d'observer les quantités d'eau recueillies, avant de procéder à l'aménagement d'uncentre de coordination. Très promptement, en saison favorable, on sera fixé sur leur valeur. En effet, chaque nuage qui se forme par ascension a sa base horizontale. C'est là un premier indice. Si au-dessus de l'aire de surchauffe nous aménageons un foyer producteur de fumée, celle-ci va se diriger vers ce nuage. Mieux encore, lâchons quelques ballonnets gonflés d'hydrogène ou de gaz d'éclairage, par groupes de deux reliés par un fil de quelques mètres de longueur, ayant un très faible pouvoir ascensionnel : Ils se dirigeront vers le massif nuageux. On pourra donc être rapidement fixé.

Le degré d'efficacité d'une installation dépendra d'ailleurs de son étendue ; il sera par suite aisé de l'accroître ou de le diminuer dans telle mesure que l'on jugera utile.

Cette efficacité sera, d'ailleurs, souvent bien plus considérable que ne le manifesteront les massifs nuageux donnant la pluie pendant le jour. Du fait seul que nous avons provoqué la convergence vers un centre de grandes masses d'air humides et contraint ces masses à s'élever haut dans le ciel elles vont pendant la nuit se refroidir ; par suite la phase de saturation qui n'avait pu être réalisée le jour, l'ascension ayant été insuffisante, se produira parfois pendant la nuit, et ce à distances plus ou moins grandes.

Nous avons déjà cité Batoum, au fond de la mer Noire, pour ses pluies *nocturnes* extrêmement abondantes (total annuel 2 m. 048). (1)

Pluies dues aux surfaces d'eau locales

Il m'a été opposé que l'on n'a jamais constaté que les lacs, les étangs contribuent aux pluies. Il n'est que trop vrai que le désert règne autour de très vastes lacs, de véritables mers et même sur les rives des océans ; et ce fait aurait dû depuis longtemps inciter les esprits à rechercher quelles sont les causes de cet état de choses absolument paradoxal. Néanmoins les nappes d'eau locales donnent parfois naissance à des précipitations météoriques abondantes.

1° *Exemples en Tunisie :*

Il suffit de compulser les « Etudes sur le climat de la Tunisie » de M. Ginestous, Directeur du Service Météorologique de la Résidence, pour voir (page 197) qu'El-

---

(1) « Annuaire de la Société Météorologique de France », septembre 1908, p. 239.

Djem bénéficie, en septembre, de pluies dues à la Sebkha Sidi el Hani, que Guemouda, au printemps, bénéficiait de pluies considérables lorsqu'elle était entourée de marais, que Mateur bénéficie de pluies précoces dues au lac de Bizerte et à la Guerrah Achkel. D'autre part, Gafsa, Tozeur (page 204) reçoivent plus de pluie au printemps qu'en hiver, ce qui est juste l'inverse de la situation générale en Tunisie, et cela est dû à ce qu'au printemps l'évaporation est plus active dans les chotts, lesquels renferment encore un peu d'eau.

Si l'on consulte également le mémoire de ce savant météorologiste, intitulé « La pluviométrie tunisienne et l'hydraulique agricole » on verra (pages 316, 321, 331) se dessiner l'influence considérable exercée par le Bahiret el Bibans et le golfe de Bougrara en certaines situations météorologiques favorables.

2°. — *Exemple donné par la plaine de Tchentou en Chine*

Les observations du Docteur Legendre sur « le climat de Tchentou » (1) sont bien plus probantes encore, car il ne s'agit plus ici, en quelque sorte, de pluies accidentelles et très espacées, mais bien d'un territoire à pluies abondantes et régulières qui sont dues à des rizières et à leurs bassins d'alimentation.

Tchentou, capitale du Se-Tchouen dans l'extrême ouest chinois, située à 30°7 de latitude nord, à 3.000 kilomètres à vol d'oiseau de la côte de Chine, occupe sensiblement le milieu d'une vaste plaine d'environ 150 kilomètres sur 110, bordée de hautes montagnes au Nord, au Nord-Ouest et à l'Ouest, de coteaux ailleurs, véritable bassin lacustre d'où s'échappe au Sud un beau fleuve, le Ming Ho.

Toute la région des hautes chaînes, contreforts et plateaux, qui entoure cette vaste cuvette, est complètement *déboisée*. La plaine de Tchentou, au contraire, a un dixième de sa surface plantée de beaux arbres — aulnes et cyprès, chênes et pterocaryas — et présente, onze mois sur douze, une couverture de végétation — céréales et légumineuses — qui protège toute sa surface de juin à septembre et les trois quarts de celle-ci d'octobre à mai, l'autre quart étant constitué par des rizières et étangs. *Les rizières*, une fois la récolte faite en septembre, *ne sont point desséchées* ; on s'efforce, au contraire, de leur conserver toute leur eau en suppléant aux pertes par infiltration et évaporation à l'aide de réservoirs qui doivent fournir de l'eau jusqu'à la fin du printemps suivant, c'est-à-dire l'époque des pluies quelque peu abondantes.

L'ensemble de cette grande dépression constitue donc en toute saison une aire de surévaporation très active : Les habitants utilisent le fleuve Ming Ho à l'irrigation par de multiples canaux. D'une part ces canaux qui sillonnent la plaine et d'autre part cette nappe d'eau, stagnante sur un quart de la surface totale, transforment en été, dès les premiers jours de juin jusqu'à la mi-septembre, *la plaine en un vaste lac profond de* 20 *à* 25 *centimètres* pour la culture du riz.

Le tableau de la répartition des pluies suivant les saisons montre que *la moyenne des précipitations de l'été est près de 28 fois plus grande que celle de l'hiver* ; or nous sommes ici fort loin de la zone tropicale.

---

(1) « Annuaire de la Société Météorologique de France », janvier, février, mars 1910.

En hiver l'on compte	14	journées de pluie donnant un total de		22 m/m
Au printemps	26	—	—	102 m/m 4
En été	40	—	—	612 m/m
En automne	32	—	—	204 m/m 7
Soit pour l'année	112	—	—	941 m/m 1

Les fractions pluviométriques par mois, en supposant la pluie annuelle égale à 1.000, sont encore plus caractéristiques du régime des pluies de chaleur :

Janvier	6,8	Juillet	219,5
Février	11,7	Août	307,7
Mars	12,0	Septembre	161,7
Avril	55,7	Octobre	42,8
Mai	40,9	Novembre	12,7
Juin	123,1	Décembre	4,9

Bien que nous ne soyons pas dans la zone tropicale, on reconnaît ici encore que le maximum de pluie se produit plus d'un mois après que le soleil est passé au plus proche.

On voit donc que de grandes étendues d'eau peuvent donner des pluies locales abondantes. Les observations du Docteur Legendre s'étendent sur 4 années pour lesquelles la moyenne est de 968 m/m 5. Mais, notons le bien, *nous n'avons pas ici l'écueil* d'une nappe d'eau unique, plus profonde au centre que sur les rives, donnant par suite naissance à une circulation atmosphérique centrifuge et, par conséquent dispersive à la surface des eaux.

3°. — *Exemple donné par Vendeuvre et Barberey en Champagne*

De l'ouvrage de Belgrand intitulé « La Seine » nous extrayons les lignes suivantes (page 58) : « Il paraît difficile d'admettre que dans deux localités très voisi-« nes presque à la même altitude, telles que Vendeuvre et Barberey, les hauteurs « de pluie soient sensiblement dans le rapport de 1,60 à 1 (1) et que ce rapport se « maintienne pour toute l'étendue des deux Champagnes par cette seule raison que « le sol de l'une des plaines est moins perméable que l'autre ».

En réalité cet écart énorme entre les pluies tombées à Vendeuvre (880 m/m) en Champagne humide, dans une région couverte d'étangs et de forêts, d'une part, et à Barberey (444 m/m) en Champagne sèche à sol aride, d'autre part, doit être attribué à ce fait que, grâce aux calories emmagasinées dans le sol, les étangs et prairies de Vendeuvre donnent naissance à des pluies locales qui, tout comme nous l'avons vu dans les observations de Muntz, s'ajoutent à celles apportées par les vents océaniques.

Effectivement, la moyenne annuelle du nombre des journées de pluie, pour la période de 1861 à 1869 inclus, a été à Vendeuvre de 135 et à Barberey de 109, et ces pluies sont bien des pluies de chaleur. D'autre part, pour les trois mois d'été, juin-

---

(1) Plus exactement de 1,80 à 1 d'après les propres chiffres des tableaux donnés par BELGRAND.

juillet-août, la moyenne concernant la même période de 9 ans est de 250 m/m 9 à Vendeuvre et de 131 m/m 2 à Barberey : Le rapport atteint ici 1, 916 au lieu de 1,60 ou 1,80.

L'on voit par là combien il importe d'avoir des étangs, des lacs, de vastes nappes d'eau, en chaque localité où l'on cherche à accroître la pluviosité, et combien il est singulier qu'on s'acharne à les supprimer.

10e Objection : Les nappes d'eau douce ainsi créées favorisent le développement des anophèles

Une autre objection consisterait à dire que la multiplicité des nappes d'eau douce favorisera la multiplication des anophèles. L'effroi de ces insectes ne doit pas être notre seul guide :

Il faut adopter les solutions qui concilient les intérêts de l'hygiène et ceux d'une restauration de la pluviosité dans les régions où elle est insuffisante. L'on sait à cette heure, par l'expérience acquise dans les Dombes, que ces diptères préfèrent à celui de l'homme le sang des animaux logés dans des étables à atmosphère abritée, et qu'ainsi le cheptel constitue un sérieux moyen de préservation. Dans les Dombes, sur la demande des habitants qui estiment l'élevage des poissons plus rémunérateur que la culture des terres asséchées, une législation nouvelle a été établie et l'on a remis en eau une partie des étangs (1). Bien que les anophèles pullulent, le paludisme a à peu près disparu.

Destruction des anophèles

Il est d'ailleurs possible de détruire les anophèles en recourant à divers auxiliaires :

En Lombardie existent environ 150.000 hectares de rizières. Les lombards les ont peuplées de carpes ; les carpes dévorent les larves d'anophèles et les lombards mangent les carpes !

La destruction des anophèles peut être poussée plus vigoureusement encore en recourant à divers poissons de petite taille, tout particulièrement friands de cet aliment et aptes à résister dans les eaux basses et stagnantes. Tel est le Gambusia Halbrook, sorte de vairon que l'on vient d'essayer en Corse avec beaucoup de succès, ainsi qu'il résulte d'une communication du professeur Joubin à l'Académie des Sciences en mars 1928.

Il ne faudrait point, cependant, que la hantise de ces diptères nous conduisît à assécher radicalement toute l'Afrique du Nord, à parachever sa stérilisation déjà si accentuée ! Il convient de se rappeler que les populations de notre Indo-Chine cultivent cinq millions d'hectares de rizières, et que c'est grâce à ces cultures de pleine eau qu'elles peuvent vivre.

Mais il faut, partout où se trouve une nappe d'eau stagnante, mettre immédiatement à profit les merveilleuses qualités de ce précieux auxiliaire qu'est le Gambusia Halbrook pour lutter contre le paludisme. Nous possédons des Instituts parfaitement à même de réaliser cette œuvre.

---

(1) Assèchement des Dombes : loi du 18 avril 1863. Remise en eau d'une partie des étangs des Dombes : loi du 15 novembre 1901.

Pourquoi croit-on que chercher à faire pleuvoir est pure chimère ?

Il est incontestable que, tant en France qu'en Algérie et vraisemblablement dans toute l'Europe, il y avait unanimité, il y a peu de temps encore, à croire que c'est pure chimère que de tenter de faire pleuvoir. Notre Office National de la Propriété Industrielle me le donna clairement à entendre lors de la première demande de brevet, voici bien 21 ans, en m'avertissant charitablement que la loi m'accordait un délai pour retirer ma demande.

Cette croyance instinctive est due vraisemblablement à ce que les peuples d'Europe, éducateurs scientifiques des autres continents, bénéficient presque exclusivement de pluies de convection dues aux mouvements généraux de l'atmosphère, au déplacement d'immenses masses d'air dont on peut fort souvent suivre le mouvement d'un continent à l'autre ; et dès lors l'impression qui s'impose invinciblement à tous est que ce serait pure folie que de vouloir modifier tant soit peu la répartition des précipitations météoriques. Sans doute les pays tempérés et les pays froids ont aussi des pluies d'orages, mais fort souvent ces orages s'étalent sur des centaines et des milliers de kilomètres ou du moins ils se manifestent presque simultanément sur de vastes étendues, et ici encore il est difficile à l'homme de croire qu'il puisse intervenir utilement pour modifier leur allure, pour contribuer à leur genèse ou l'empêcher.

Cette conviction de l'inutilité de toute tentative s'évanouira puis se transformera en croyance au succès si, nous éloignant des régions continentales d'Europe, nous voguons en plein Océan vers la zone équatoriale et abordons certaines îles coralliennes telles que le groupe des petites îles des Palmyras dont il a été question. Là, à notre grande surprise, nous constaterons que, presque chaque jour et aux mêmes heures, un massif nuageux se forme au zénith, s'accroît, s'épaissit et qu'après quelques heures, le tonnerre gronde, la pluie tombe en averses diluviennes.

Et cependant aux mêmes latitudes, sous le même soleil équatorial, en plein Océan, nous rencontrerons, au cours de notre exploration, des îles n'engendrant ni nuages ni pluies, et dont certaines, ne bénéficiant que des précipitations météoriques dues aux mouvements généraux de l'atmosphère, n'ont pas même de l'eau à boire.

En recherchant quelle est la cause de cette différence, nous arriverons sûrement à reconnaître qu'elle est due à un léger écart de température des eaux qui les baignent : Donnent d'incessantes pluies de chaleur les îles renfermant un lagon à faible épaisseur d'eau, ne communiquant avec l'Océan que par des passes étroites et celles qui sont entourées d'eaux peu profondes.

L'hydrogénèse en Algérie

Dès arrivée en Algérie de M. le Gouverneur Général Lutaud en 1911, j'appelai son attention sur l'insuffisance des méthodes employées jusqu'à ce jour en régions arides pour avoir de l'eau. On s'acharne à extraire du sol, à l'aide de forages artésiens, de galeries, de puits, les eaux qui s'y sont enfouies spontanément, et on laisse se jeter à la mer la majeure partie des ruissellements. Il serait assurément logique de faciliter leur pénétration dans les strates perméables souterraines pour accroître l'alimentation des puits et des sources. Il serait non moins indispensable de mettre

à profit notre littoral marin, nos lacs, nos chotts, nos dépressions humides, pour accroître les précipitations pluvieuses.

Ainsi que nous l'avons longuement exposé plus haut, au chapitre « Centres pluvigènes », M. le Gouverneur Général Lutaud nous demanda de dresser un projet d'application de notre méthode à la Sebkha d'Oran. Les objections des opposants furent les suivantes :

Pourquoi les îlots du littoral algérien n'engendrent-ils pas de nuages ?

Sur le littoral Philippeville-Bougie émergent plusieurs îlots et l'on ne constate pas qu'ils se couronnent de massifs nuageux ni qu'ils donnent des pluies. Ces îlots paraissent constituer cependant des aires de surchauffe en mer.

L'objection n'est pas fondée : Pour qu'un îlot puisse servir de centre d'appel il faut que les eaux qui l'entourent soient plus chaudes que l'atmosphère ; il faut qu'à leur contact l'air s'échauffe un peu, s'allège et ait tendance à s'élever dans le ciel. Si dans son ensemble l'atmosphère est plus chaude que l'eau, il n'y aura pas appel, l'îlot donnera seulement naissance à une colonne ascensionnelle due à l'air qui s'est échauffé à son contact : colonne dont le diamètre ira rapidement en décroissant et qui disparaîtra avant que le point de saturation soit atteint.

Les îles entourées d'eaux plus froides que l'atmosphère se manifestent dans un ciel nuageux par l'œil qui perce la couche nuageuse et non par la formation d'un nuage dans un ciel pur ; à moins toutefois qu'il ne s'agisse d'îles renfermant de très hauts reliefs montagneux.

Pourquoi la tour Eiffel est-elle sans action ?

La seconde objection était la suivante : La tour Eiffel constitue sûrement une aire de surchauffe, il n'a jamais été constaté qu'elle se couronne de massifs nuageux, moins encore qu'elle donne des pluies. Paris est d'ailleurs resté deux mois sans pluie pendant l'été de 1912 ; l'inefficacité de la tour est donc certaine. La réponse est aisée : la tour n'a ni la forme ni la continuité de surface voulues et elle n'occupe pas une situation qui lui permette de faire converger vers elle, de tous côtés, une nappe d'air continue ; l'horizon, notamment vers son pied, est beaucoup trop limité ; elle ne peut donner naissance qu'à des mouvements tourbillonnaires discordants.

Ainsi qu'on le voit, ces objections n'étaient point fondées. Il fut très regrettable qu'on ne me les ait pas communiquées beaucoup plus tôt : je les aurais réfutées, et la grande majorité des ingénieurs consultés se seraient ralliés à mes vues. L'expérimentation dans la Sebkha d'Oran aurait pu être faite dès 1913. Son succès m'eût fait un nom et la commission supérieure d'examen des inventions intéressant la défense nationale n'aurait pas rejeté à la légère le moyen formidable de guerre que je lui soumis dès le mois d'août 1915. Mais revenons à la question des pluies. Le 26 mai 1921, j'ai été appelé devant la Commission d'hydraulique agricole, et lui ai exposé mon système.

Devant la Commission d'Hydraulique

La première objection qu'on m'opposa fut, bien entendu, celle relative à l'instabilité des colonnes ascensionnelles produites par les aires de surchauffe. Je fis

observer que je l'avais amplement traitée dans les brochures «Contributions diverses à l'hydrogénèse». «Production des pluies de chaleur». C'est évidemment l'objection qui s'impose à l'esprit de prime abord. Aussi ne m'étais-je résolu à poursuivre la mise au point de mon système de production des pluies qu'après avoir recueilli des preuves irréfutables du peu de valeur de l'objection.

Les développements que j'ai déjà donnés à l'examen de cette question supprimeront, j'espère, toute incertitude dans l'esprit du lecteur. Les autres objections produites au cours de cette conférence ont été, elles aussi, traitées précédemment.

Finalement le Président négligea de demander à la Commission s'il y avait lieu ou non de créer un centre de coordination ; et celle-ci se borna, au cours de cette même séance du 26 mai 1921, à approuver les deux rapports des 10 et 29 janvier 1914 de sa Sous-Commission.

La Commission n'a pas remarqué que le rapport du 29 janvier annule celui du 10 du même mois, tant il lui est contraire, et que la note (*a*) qui termine celui du 29 janvier l'annule complètement. Ces modifications successives dans leur rédaction étaient dues aux divers documents que j'apportais journellement au rapporteur, documents qui établissaient que ses préventions n'étaient pas fondées.

Rapport de la Sous-Commission d'Hydraulique

Cette Sous-Commission comprenait trois membres, MM. Brigol, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Barbedette, Délégué-Financier, Ficheur, Doyen de la Faculté des Sciences.

La lecture des rapports de M. Brigol démontre combien profondément son opinion s'est modifiée au cours des entretiens que j'ai eus avec lui.

Dans son rapport de mission aux Etats-Unis (octobre 1918 à février 1919) M. F. Barbedette dit, page 37, « la surface actuelle du lac impérial Valley n'est pas « moindre de 500 kilomètres carrés, et, comme sa profondeur est assez grande, il « constituerait certainement un champ d'expériences tout indiqué pour le procédé « Hypp. Dessoliers, en vue de la production artificielle de pluies en pays chauds », d'où résulte, semble-t-il, que ce distingué colon estime que des essais seraient justifiés.

Voici d'autre part l'opinion de M. Ficheur : « Alger, le 18 mai 1921. Cher « Monsieur, Je vous remercie vivement de l'envoi que vous m'avez fait de votre « nouvelle brochure sur la production des pluies, qui apporte des considérations « nouvelles appuyées sur des calculs précis et de multiples observations sur cette « question d'une si haute importance pour nos régions, ainsi que pour toutes les « régions similaires. Ainsi que vous le dites avec raison, il y aurait lieu de tenter une « expérience sur les points que vous avez spécialement envisagés comme présen- « tant des conditions favorables ; mais, à défaut de l'aide de l'Administration, ne « serait-il pas possible, avec l'appui de groupements agricoles et de certaines « personnalités, de mettre votre projet à exécution, au moins en partie ? Veuillez « agréer... »

Je crois devoir ajouter que, sur les 21 membres que comprenait la Commission, 9 étaient absents, 3 se sont prononcés pour des essais, et, la question ayant été posée

sous une forme par trop indirecte, 2 membres ont voté contre les essais sans s'en douter.

M. Boutilly, Directeur des Forêts, ayant demandé à M. Pommier, Inspecteur des Forêts, pourquoi il avait voté contre les essais, celui-ci répondit qu'il ne s'était point douté qu'approuver les rapports de la Sous-Commission de janvier 1914 entraînait le rejet de tout essai. Très certainement l'indigène faisant partie de la Commission l'a encore moins compris.

Le Président de la Commission ne s'était même pas donné la peine de prendre connaissance du dossier. Comme je lui avais fait observer qu'il soulevait des objections déjà réfutées victorieusement dans mes brochures et dans ma controverse avec l'examinateur du Patent-Office de Washington, il me répondit en pleine séance ne pas avoir pris connaissance de cette controverse. Or c'était là le document décisif : Tenace avait été l'opposition du Patent-Office ; pour la vaincre, j'avais dû apporter toute une série de faits nouveaux que j'avais été heureux de trouver dans les cinq volumes d'instructions nautiques relatives à l'Océan Pacifique.

Demande de brevet aux Etats-Unis — Phases successives de l'instruction

Le 20 juin 1914 je fis déposer au Patent-Office de Washington un exemplaire de mon brevet français nº 461.566 du 2 juillet 1913 : Système pour la production des pluies de chaleur par les nappes d'eau peu profondes, chotts, sebkhas, etc..., et je sollicitai un Patent. Après avoir par deux fois rejeté ma demande, estimant insuffisantes les preuves que je leur donnais de l'efficacité du dispositif proposé, un troisième échec me fut infligé malgré l'apport de nouveaux faits météorologiques tirés des instructions nautiques visées ci-dessus ; mais cette fois, non plus pour insuffisance de preuves, mais bien parce qu'elles étaient surabondantes : Ce que je proposais était simple imitation d'un phénomène se produisant incessamment en divers points du globe et ne pouvait, par suite, donner lieu à délivrance d'un Patent. Ce changement radical de front des examinateurs, après plus de 3 ans de tenace opposition, me fit éprouver une des plus grandes joies de mon existence. J'étais donc parvenu à démontrer que la production des pluies était sous l'emprise de l'homme, qu'il ne s'agissait plus de vues utopiques, mais bien de réalisations absolument certaines.

Il me fut d'ailleurs aisé, dans un nouveau mémoire, de démontrer qu'il y avait bien invention et invention de la plus haute importance ; et le Patent (nº 1.252.670) qui me fut délivré le 8 janvier 1918, après une instruction de 42 mois de durée, proclame catégoriquement l'efficacité pleine et entière de mon système. Il dit notamment : « grâce au procédé et aux dispositifs décrits, il est possible de produire « fréquemment la pluie au moyen de l'eau provenant d'une nappe d'eau peu profonde analogue à un lac ». Certes, les examinateurs, tout comme les inventeurs, sont faillibles, mais la délivrance d'un Patent démontre tout au moins que le système proposé est en tout conforme aux faits, aux lois observés dans la nature ; qu'aucune objection d'ordre scientifique ne peut lui être faite. Dès lors, quelle doit être la conclusion dans un pays tel que l'Algérie qui, en 1921, a perdu plus d'un milliard du fait de la sécheresse et qui eut à prélever plus de 150 millions sur son budget pour four-

nir des subsides aux populations menacées de mourir de faim ? La conclusion est sûrement que des essais méthodiques, faits à grande échelle, s'imposent impérieusement, et cela d'autant plus que des faits nouveaux de la plus haute importance sont venus confirmer la justesse des moyens exposés dans la première édition de la présente brochure :

Ce sont les observations faites par le R. P. de Foucauld à Assekren au sommet du Hoggar en plein Sahara. Il en résulte, ainsi que nous l'avons longuement exposé, que la pénurie des pluies est due beaucoup moins à l'insuffisante teneur de l'atmosphère en vapeur qu'à la trop grande capacité d'emmagasinement du calorique solaire par les terrains et les eaux. Dès lors, il suffit de recourir à des revêtements de pierrailles entre lesquelles l'air peut s'échauffer pendant un plus long parcours, c'est-à-dire à plus haut degré, ce qui lui permet de monter assez haut dans le ciel pour engendrer nuages et pluies par temps favorable, savoir journée de calme à ciel pur, température promptement décroissante dans l'atomsphère.

Accroissement des pluies à Djibouti (Somalie française)

En parcourant la Grande Géographie Bong illustrée, publiée sous la direction d'Onésime Reclus en 1914, j'ai trouvé les lignes suivantes, tome IV Afrique, page 215 : « Depuis 1899 on a constaté avec surprise que les pluies à Djibouti sont de plus en plus fréquentes et torrentielles, ce qui est très appréciable pour la Colonie. »

Désireux de tirer le fait au clair, dès le 26 mars 1926, j'écrivis au Président de la Société Météorologique de France pour le lui signaler. Peut-être y a-t-il là, disais-je, le point de départ d'un immense progrès. Sans doute estimerez-vous, tout comme moi, que ce fait mérite d'être examiné de très près. « Le mieux serait sans doute « qu'il fût demandé au chef du Service Météorologique de la Somalie Française de « rédiger un mémoire sur ce sujet, donnant les chiffres de pluies, mois par mois, « année par année, avant 1899 et depuis, avec mention des particularités qu'elles « peuvent présenter, notamment heures auxquelles elles commencent et finissent « suivant déclinaison du soleil.

« En votre double qualité de Directeur de l'Office National Météorologique « et de Président de la Société, nul n'est mieux qualifié pour obtenir du Ministère « des Colonies que cette étude soit faite avec soin et diligence.

« Première hypothèse : supposons qu'il résulte du mémoire qui sera produit « que l'accroissement des pluies s'est maintenu et qu'il est notable, il y aura là un « fait acquis, de grande importance théorique tout au moins. Il sera démontré qu'il « dépend de l'homme d'accroître les pluies, grâce à une distribution rationnelle « des aires de surchauffe et de surévaporation.

« En effet, c'est en 1888-1889 que M. Lagarde a créé la ville européenne de « Djibouti et aménagé un port là où n'existaient que des paillottes indigènes ; « l'accroissement des pluies résulte donc des travaux exécutés.

« Un historique de ces travaux, de leur avancement, année par année, et face « à face les chiffres de pluie, permettra sans doute de voir quels sont ceux qui ont « provoqué l'accroissement des précipitations météoriques. Dans Bong, il est dit « les « pluies depuis 1899 sont de plus en plus fréquentes et torrentielles ». Ce sont donc « des orages, autrement dit des pluies de chaleur ; ceci n'est point pour me surpren-

« dre : Djibouti a été édifiée sur une pointe de terre s'avançant en mer, l'ensemble « des maisons constitue une aire de surchauffe, l'ascension des masses d'air est pro- « tégée à sa naissance par le relief même des maisons. Lorsque, par le jeu de la « marée, la mer recouvre d'une mince couche d'eau les récifs, les bancs de madrépores, « les terres basses, qui ont été insolés pendant plusieurs heures, ou encore lorsque « la mer brise sur les récifs par belle journée de calme et de chaud soleil, l'évapora- « tion est accrue, les colonnes ascensionnelles sont alimentées par de l'air plus hu- « mide, d'épais cumulus doivent se former, fusionner entre eux, engendrer la pluie. « Djibouti est une aire de surchauffe implantée dans une aire de surévaporation « très active en certains moments.

« 2e hypothèse : Supposons qu'après avoir bénéficié, pendant plusieurs années, « d'un accroissement notable des pluies — et c'est là un fait que la citation repro- « duite ci-dessus rend indubitable — Djibouti ait vu ce privilège s'amoindrir et « même disparaître, il importe de rechercher la cause de cette rétrogradation. Cela « est-il dû à ce que la ville s'est trop dispersée, trop étendue en terre ferme ? La « quantité d'air sec y affluant est-elle devenue trop importante par rapport à celle « de l'air humide ? La phase de saturation ne peut-elle maintenant être obtenue qu'à « un niveau beaucoup plus élevé et ce niveau ne peut-il être atteint parce que la « surchauffe relative de l'air est trop faible ? Ce sont là autant de questions qu'il « n'est pas impossible de résoudre.

« Des lâchers de ballonnets d'enfants, renfermant du gaz d'éclairage et lestés « de façon à réduire à peu de chose leur force acensionnelle, permettront d'étudier « l'ascension des masses d'air au-dessus des divers quartiers de la ville, de s'assurer « si pendant les journées de grand calme elles montent à grande hauteur ou, tout « au contraire, si à faible altitude elles sont déviées vers les flancs des montagnes « les mieux insolées suivant heure de la journée, suivant jour de l'année.

« Il y aurait également lieu de mesurer la température, l'humidité des courants « atmosphériques affluant vers Djibouti, et du Golfe de Tadjoura et des terres « fermes.

« Pour provoquer la pluie il est vraisemblablement préférable de recourir à « une aire de surchauffe circulaire sans trop grandes discontinuités dues aux massifs « de verdure, et il faut faciliter la convergence des masses d'air vers un centre d'ap- « pel bien marqué, un grand dôme en tôle de préférence, tel que celui dont j'ai « esquissé la description dans la brochure « Comment l'homme accroîtra progres- « sivement les pluies des régions arides » que je vous expédie par ce même courrier. « D'autre part, si la fréquence des orages est trop minime, il faut accroître l'humi- « dité de l'air qui afflue à la périphérie de la ville.

« La meilleure combinaison paraît être d'implanter dans le golfe de Tadjoura « des prairies d'algues géantes telles que les macrocystis pirifera, s'ancrant spon- « tanément sur des fonds rocheux et venant épanouir leur thalles à la surface, prai- « ries dont la transpiration physiologique doit enrichir l'air de plus de vapeur qu'une « surface d'eau nue. Les pertes par réflexion des rayons solaires sont moindres, « leur pénétration en profondeur est réduite, une plus grande fraction du calorique « solaire est utilisée à l'évaporation des eaux, à leur échauffement superficiel et, « par suite, à l'enrichissement de l'atmosphère en vapeur. La multiplication des « pluies tend d'elle-même à s'accroître et entraîne toutes sortes de modifications

« et de répercussions : extension et amélioration des pâturages, accroissement des « sources, consécutivement, des cultures irriguées et des jardins autour de la ville ; « d'où enrichissement de l'atmosphère en vapeurs d'eau, plus grande fréquence des « chutes météoriques, par suite saison d'hivernage plus prolongée ; or c'est là une « période moins débilitante pour les européens.

« Détentrice d'immenses territoires arides, la France se doit à elle-même de les « transformer, de les rendre fertiles, de les conquérir à la culture en résolvant le « problème des pluies.

« L'accroissement qui s'est spontanément réalisé à Djibouti, pendant plu- « sieurs années tout au moins, sans que l'action directrice de l'homme soit interve- « nue et du fait seul de la construction d'un groupe de maisons..... sur une langue de « terre s'avançant en mer, démontre qu'il nous est possible, sinon de prendre la « maîtrise, tout au moins d'accroître la fréquence des pluies.

« De tout cela résulte, je pense, que la méthode, que depuis 18 années déjà je « propose, mérite d'être soumise à des essais méthodiques sous ses modalités di- « verses.

« Les littoraux bénéficiant de la marée jouissent d'un grand privilège là où « ils présentent de vastes plages submersibles à faible inclinaison. Les prairies « marines, d'autre part, sont aptes à rendre de très grands services dans cette œuvre « de restauration de la pluviosité du globe ; les mers à madrépores offrent aussi de « grandes facilités pour l'aménagement des aires de surévaporation et de surchauffe « malgré le très lent accroissement de ces organismes.

« Les chotts, les régions à salines, à rizières, réunissent déjà les éléments es- « sentiels à la création de centres pluvigènes ; il suffira que l'homme intervienne « avec ses méthodes et distribue rationnellement les aires de surévaporation autour « des aires de surchauffe et qu'il centre l'appel pour refouler méthodiquement les « steppes, pour contraindre les brises à converger, à monter haut dans le ciel, à « engendrer d'imposants massifs nuageux producteurs de pluies dans les lieux qui « souffrent de leur insuffisance. »

Je terminai ma lettre à M. le Président de la Société Météorologique de France en lui exprimant l'espoir qu'il voudrait bien accueillir favorablement ma requête et me tenir au courant de ce qui serait fait.

Le 2 juillet 1926 il me fut répondu : « Un relevé des hauteurs mensuelles re- « cueillies de 1904 à 1926 montre que des erreurs ont dû très vraisemblablement « être commises dans les lectures des instruments, principalement dans les années, « rares d'ailleurs, qui apparaissent plus pluvieuses que les autres. Ces dernières « écartées, le fait signalé par Bong n'apparaît pas clairement. »

Il me suffit de faire observer que la période visée par la réponse ci-desssus ne commence qu'en 1904 ; elle nous laisse dans l'ignorance absolue de ce qui s'est passé depuis l'édification de la ville jusqu'en cette année-là.

Lors de mon passage au siège de la Société à Paris, en ce même mois de juillet, il me fut remis copie des observations recueillies à l'hôpital de Djibouti : Ce relevé est absolument muet, lui aussi, en ce qui concerne la période de 1889 à 1903. Par suite il ne permet pas de s'assurer de la réalité du fait signalé dans Bong, lequel cependant doit être tenu pour indubitable, ainsi que m'en a donné personnellement l'assurance

M. Cabaton, auteur de l'article relatif à la Somalie française publié dans la Géographie de Bong.

Le tableau des pluies à Djibouti de 1904 à 1926 renferme, d'autre part, de nombreuses lacunes ; il montre que les relevés ont été faits avec beaucoup de négligence : Sur 21 années d'observations il en est 7 renfermant chacune des mois entiers sans aucune indication. De l'ensemble des chiffres résulte néanmoins que les pluies sont fort irrégulières et peu abondantes, avec comme limites extrêmes 26 m/m, 1 pour l'année la plus sèche et 250 m/m,4 pour la plus humide ; l'accroissement des pluies ne s'est donc pas maintenu et c'est notre deuxième hypothèse qui doit être retenue : Djibouti a perdu le privilège d'être un centre de coordination efficace.

Le fait que cet accroissement annuel des pluies ne s'est pas maintenu peut être attribué à plusieurs causes :

Une grève importante située dans le voisinage, que les marées couvraient et découvraient, a été transformée en salines constamment recouvertes d'eau et soustraites ainsi aux périodes de surévaporation dues au jeu des marées.

La ville, qui ne comprenait en 1899 qu'un seul massif important de maisons — le groupe du Marabout — jouant le rôle de centre de cordination, s'est trop dispersée le long de la presqu'île, trop étendue même en terre ferme par la multiplication des immeubles sur les plateaux du serpent et de Djibouti, constituant ainsi plusieurs massifs de constructions séparés par des squares et espaces découverts.

Il y a eu, de la sorte, substitution de plusieurs centres secondaires au centre unique primitif, d'où fragmentation des masses d'air ascensionnelles et moindre hauteur atteinte. La proportion d'air sec est sans doute devenue trop importante par rapport à l'air humide ; la phase de saturation ne peut plus être atteinte qu'à un niveau plus élevé, ce qui exige pour l'ensemble de la masse atmosphérique ascendante un degré de surchauffe qui n'est pas réalisé.

De tout cela je ne saurais dire exactement ce qu'il en est ; mais ici encore nous pourrons recourir à des lâchers méthodiques de petits ballons pour découvrir l'écueil.

De ces relevés de pluies à Djibouti on peut, toutefois, tirer une indication favorable qui mérite d'être signalée : Le nombre annuel de journées de pluies indiqué atteint jusqu'à 70. Or la tendance des observateurs est tout naturellement d'oublier de noter les jours où il ne tombe que des gouttes : Les chiffres du tableau sont par suite des minima et non la réalité. Or le nombre de journées de pluies est considérable en certains mois, en janvier, février, mars 1906 notamment, alors que cependant les pluies sont dérisoires ; c'est ainsi qu'en cette année là, janvier pour 12 journées de pluie donne 0 au total, février pour 16 journées 7 m/m, mars pour 14 journées 27 m/m.

Voilà qui tend à démontrer combien minime doit être l'effort à accomplir pour accroître très largement la quantité de pluie. Il faut que l'homme intervienne en substituant à la dissémination qui règne dans l'ascension de l'air au-dessus des divers quartiers de la ville l'ordre, la convergence vers un centre de coordination puissant.

Production des pluies par la ville de Clermont-Ferrand

Notons que le fait de voir une ville engendrer la pluie n'est point chose nouvelle : Nous avons déjà mentionné le cas de Clermont-Ferrand observé par Plumandon. Voici comment s'exprime cet éminent observateur : « J'ai eu bien souvent l'occa-« sion d'assister au développement des courants ascendants rendus visibles par la for-« mation de brumes, de brouillards, de nuages. Le 8 novembre 1893 vers 8 h. 30, « sous un ciel presque uniformément couvert de nuages gris... un brouillard épais « et blanchâtre s'élevait au-dessus de la ville de Clermont-Ferrand. *Sa formation « était certainement due à un* état hygrométrique assez élevé, à une *décroissance « rapide de la température occasionnée surtout par la chaleur émanant des constructions « de la ville.* Les maisons en effet avaient subi antérieurement des températures « comprises entre 15 et 23°, sans compter une ardente insolation intermittente, « alors qu'au moment même la température n'était plus que de 11°. *D'ailleurs, au-« dessus de toutes les grandes villes de la Limagne, on voyait des brouillards analogues « qui avaient évidemment la même origine* ».

Vers les 10 heures il tombait à Clermont une pluie locale qui a donné 2 mm 4 au pluviomètre, et, vu l'étendue de la zone réceptrice, l'on peut estimer à 6 millions de kilogrammes la pluie tombée.

Il importe évidemment que chacun sache qu'il est possible soit d'accroître, soit de diminuer la pluviosité d'une localité, de même que sa ventilation, en distribuant judicieusement les aires de surchauffe (groupes d'immeubles, plages, terrains arides) et les aires de surévaporation (mince nappe d'eau, terrains fréquemment irrigués), et c'est pourquoi il nous a paru utile d'appeler l'attention du public sur le cas de Djibouti, ceci en vue d'engager les Ediles, les Ingénieurs, les Architectes qui auront à dresser les plans des villes nouvelles ou de nouveaux quartiers, à prendre en considération les indications données dans la présente étude.

CINQUIÈME PARTIE

REFOULEMENT DU SAHARA

Utilisation des cîmes pour amorcer la régression

Nous nous sommes attaché jusqu'ici à rechercher comment on peut accroître les pluies des régions arides. Il nous faut maintenant voir quelle est la meilleure méthode à adopter pour entreprendre le refoulement de l'immense Sahara.

Le R. P. de Foucauld nous a appris, grâce à un séjour prolongé en 1911 au sommet du Hoggar, qu'Assekren bénéficie de petits orages *quasi quotidiens* en été : Il y a là une constatation d'un prodigieux intérêt. En la rapprochant des faits que nous avons déjà mentionnés pour les régions tempérées (Faulhorn, Col du Géant, Grondone) nous sommes amené à présumer qu'il s'agit là d'un fait général, à savoir que les cîmes bénéficient, sous toutes les latitudes, de pluies relativement fréquentes pendant la période la plus chaude de l'année, alors précisément que les conditions atmosphériques paraissent être les plus défavorables.

En y réfléchissant tant soit peu on se rend compte qu'il s'agit là d'une erreur de notre esprit, d'une fausse appréciation des choses :

En effet, la base essentielle du système que nous proposons pour accroître les pluies des régions peu favorisées du ciel consiste à surchauffer légèrement et mieux encore, si possible, à enrichir d'un peu plus de vapeur de grandes masses d'air, et cela pour les contraindre à monter haut vers le zénith.

Si au lieu d'être au niveau des plaines notre centre de coordination est sur une cîme, à mille mètres de hauteur par exemple, l'air au contact aura à s'élever de près de mille mètres de moins pour atteindre la strate atmosphérique marquant zéro degré. L'allègement, l'échauffement à lui faire subir seront donc moindres. Pénétrant dans la strate glacée, sa vapeur d'eau va se transformer en cristaux de glace. (Nous n'ignorons point qu'il résulte des observations de Renou que la température de l'air peut parfois descendre à 5, 10, 15 degrés au-dessous de zéro sans que la vapeur passe à l'état de cristaux de glace ; mais cela s'applique sans doute au cas où cet air est dépouillé de toute trace de poussières ; ce n'est point un fait d'ordre général).

Après s'être massés en une couche plus ou moins épaisse, être restés en suspension plus ou moins longtemps, ces cristaux vont grossir, s'alourdir, puis descendre, se transformer en gouttes et donner lieu à des précipitations météoriques.

Cela nous démontre qu'en plein Sahara c'est par les cîmes que l'œuvre de refoulement du grand désert doit être entreprise, et nous amène à rechercher dans

les ouvrages des explorateurs quelles sont les constatations qui ont été faites dans les divers massifs du Sahara : Atlas Saharien, Tademaït, Adrar Ahenet, Tassili des Adjjers, Tibesti, Hoggar, Adrar des Iforras, Aïr.

Observations de E. F. Gautier sur les pluies des cîmes

D'après ce que dit M. Gautier dans son ouvrage « Sahara Algérien », page 154, le Grouz, dont la hauteur atteint 1.800 mètres, a une influence capitale sur le climat de la Zousfana : Il accroît les pluies et emmagasine l'eau dans ses vallées et ses massifs de pierrailles. Il y a des fleurs au pied du Grouz ainsi que des bosquets de pistachiers, de caroubiers, d'oliviers, tandis qu'il n'y a pas de végétation dans le reste du pays. On trouve d'assez nombreuses petites sources dans les massifs dinantiens.

Du même auteur, page 310 : Les sommets de l'Adrar Ahnet approchent de mille mètres. Il y pleut un peu plus sans doute que dans les plaines basses, lesquelles ont pourtant une vieille réputation d'humidité et de verdure. Il ajoute, page 313, que le Mouydir Ahenet est une région de sources alimentées par de grandes nappes profondes et presque toujours pérennes.

Observations de Chudeau

M. Chudeau dans son ouvrage « Sahara Soudanais » cite les faits suivants :

Page 259 : L'ancien volcan d'In Zize, de 800 mètres d'altitude, domine d'environ 300 mètres la pénéplaine voisine *et ce relief suffit pour y attirer quelques orages* qui alimentent un point d'eau très constant.

Page 30 : Dans le massif du Hoggar (ou Ahaggar) l'altitude moyenne du plateau de la Coudia dépasse 2.000 mètres. Duveyrier avait déjà indiqué l'existence *d'eau courante sur ce haut-plateau* ; *Motylinski confirme cette indication et mentionne une cascade.*

Page 31 : La haute vallée de l'Igharghar contient également quelques ruisseaux, Voinot y signale même un marécage difficilement abordable à Inikeren. (Rappelons que c'est dans l'Ahaggar que le R. P. de Foucauld a constaté la formation *quasi quotidienne* en été d'un petit orage au-dessus d'Assekren).

Page 40 : à Tamanrasset 24 jardins occupent 15 hectares.

Page 48 : Le relief de l'Adrar des Iforras lui assure *une saison des pluies régulière.* Les pâturages y sont permanents. A part la large route fertile de la vallée du Tilemsi, l'Adrar est entouré sur toutes ses faces par le désert. Il s'agit là d'un plateau dont l'altitude est voisine de 800 mètres. Quelques paquets granitiques à structure massive atteignent un millier de mètres.

Page 153 : Le Teloua est une des rivières les plus vivantes de l'Aïr. Placé comme l'Aïr aux confins du désert, et *devant aussi à son altitude des pluies régulières*, l'Adrar des Iforras ne présente, lui aussi, de belles végétations que dans ses vallées. Mais ici les vallées d'alluvions sont parfois fort larges; elles peuvent atteindre plusieurs kilomètres et forment, à la saison des pluies, de véritables prairies couvertes d'un gazon continu parsemé de quelques arbres.

Page 56 : L'Aïr et l'Adrar, par leur latitude, devraient être des tanezroufts. Ils forment, grâce à leur altitude en plein désert, des sortes de péninsules demi-

fertiles. Ls deux massifs jumeaux de Tar'azi et de Zelim se dressent au milieu de la pénéplaine qu'ils dépassent de 500 mètres. Tous deux contiennent des points d'eau permanents, des r'dirs analogues à celui d'In Zize.

Page 57 : Les massifs volcaniques sont nombreux et pressés, surtout entre l'oued Sersou et Aoudéras. Beaucoup de sommets dépassent 1.000 mètres ; quelques-uns atteignent 1.500 et le pic majeur du Timgué s'élève à environ 1.700, dominant de près de 1.000 mètres la vallée d'Iférouane.

Page 61 : Nombreuses rivières qui, toutes, coulent trois ou quatre fois par an.

Observations de Dinaux dans l'Adrar, d'après Chudeau

Page 132 : Voici pour la première quinzaine de juin les observations de Dinaux dans l'Adrar : Le 30 mai une heure de pluie violente à 4 heures du soir ; le 2 juin trois heures de pluie torrentielle entre 3 et 8 heures du soir ; le 8 juin une demi-heure de pluie violente à 3 heures du soir ; le 9 juin une heure d'averse intermittente à 4 heures du soir ; le 12 juin pluie torrentielle de 3 à 6 heures du soir ; l'oued in Ouzel coula une partie de la nuit.

Cette saison des pluies, juin, juillet et août, *paraît très régulière. C'est vers 4 à 5 heures de l'après midi que le ciel commence à se couvrir.*

Page 133 : Le climat de l'Aïr est comparable à celui de l'Adrar. *Il présente aussi une saison de pluies régulière mais plus tardive.*

Foureau pendant son séjour dans l'Aïr (mars-juillet 1899) a noté *trente-trois jours de pluie* ; pour la plupart des jours il s'agit seulement *de quelques gouttes*, et la mission saharienne n'a reçu que quatre averses sérieuses.

Mais 33 jours de pluies en cette période de trois mois c'est là un quantum qui indique nettement la tendance à un régime de pluies de chaleur régulières, quotidiennes, locales ; cette tendance il dépend de nous de l'accroître en aménageant rationnellement les cîmes les mieux appropriées.

L'homme a réussi à créer, à perfectionner tant d'œuvres profitables, qu'il ne saurait s'obstiner plus longtemps à ne point accorder son intervention, sa direction, à la nature pour la rendre plus clémente, plus propice.

Page 129 : Les pluies ne sont pas très rares sur la Coudia et dans son voisinage immédiat ; elles peuvent survenir *en toutes saisons* ; d'ordinaire, comme au Soudan, elles arrivent pendant l'été, ou bien parfois, comme dans le bassin méditerranéen, pendant l'hiver.

Observations diverses

En avril 1880 Flatters a noté 7 jours de pluie sur la Coudia.

Dans leurs contre-rezzous à l'Ahaggar, Cottenest (printemps 1902) et Guilho-Lohan (hiver 1902) ont reçu des averses.

Cortier mentionne, dans les contreforts ouest de la Coudia, une petite pluie le 30 mars 1907 et de fortes averses le 31 mars et le 3 avril.

Au cours de sa tournée dans l'Ahaggar en 1906, Voinot a eu deux journées entières de pluie les 27 et 29 janvier.

Dans la même région, *du* 1er *août au* 11 *septembre* 1905, j'ai noté, dit Chudeau, *onze fois de la pluie* et il y avait eu des orages dès le mois de juin.

Ainsi qu'on le voit, *il s'agit bien là de pluies de chaleur* : Chaque versant exerce son influence, retarde ou avance la saison des pluies. Les chutes météoriques sont, le plus souvent, très minimes par suite de l'extrême sécheresse habituelle de l'air. Elles seront considérablement accrues si nous facilitons l'afflux de très grandes masses d'air humide.

Accroissement de l'humidité de l'air sur les confins du Sahara

Trois méthodes se présentent tout d'abord à l'esprit pour coopérer à ce résultat :

L'une met à profit les hautes crues du Niger aux points extrêmes de sa course vers le nord,

1° Pour créer au plus loin, en plein désert, des centres de coordination alimentés par les crues du fleuve,

2° pour créer des zones d'irrigation consacrées tout particulièrement, pendant la première phase de régression, à la fixation des sables, au développement des pâturages ; grâce à cette couverture végétale on atténuera le rayonnement nocif des étendues sablonneuses, on facilitera par suite la production des pluies.

Une seconde méthode consiste à aménager des centres de coordination entre le moyen Niger et le massif montagneux le plus voisin, savoir l'Adrar des Iforras. On établira à cet effet des canaux de dérivation destinés à diriger vers ces centres de dépression les eaux de ruissellement de ces massifs. On agira de même pour l'Aïr puis ultérieurement pour le Hoggar et autres systèmes montagneux.

Création de fleuves aériens

Dans la troisième méthode on créera de véritables fleuves aériens très riches en vapeur d'eau, de manière à transporter de grandes masses d'air humide au pied des massifs sahariens les plus proches du Niger.

Le lit même de ce magnifique cours d'eau constituera le tronçon d'origine de ces fleuves aériens : Nous avons là une nappe liquide de plusieurs milliers de kilomètres de longueur, atteignant dans le bas Niger jusqu'à 20 kilomètres de largeur en Nigéria anglaise. Rien de plus logique, évidemment, que de tenter de mettre à profit le fleuve d'air humide qui lui est superposé et de le faire affluer en divers points du Sahara au pied des massifs montagneux.

Des centres de coordination implantés à la base de ces massifs permettront vraisemblablement de produire de fréquentes pluies dont bénéficieront les versants ; ce qui, après quelques années, amènera leur boisement. Dès lors les centres pluvigènes aménagés sur les cîmes donneront lieu à des précipitations de plus en plus importantes ; l'œuvre de régression sera amorcée.

L'objectif est de réaliser une très large tranchée embrassant le Niger et bordée des deux côtés par la forêt existante ou, à son défaut, par de futures bandes forestières réalisées par jeunes plants ou semis entrepris dès le début.

Le tracé devra, dans toute la mesure du possible, être rectiligne ou à très grands rayons de courbure.

Chaque tronçon aura une vingtaine de kilomètres de longueur ; mais si le fleuve présente des rapides à quelque distance en aval, on prolongera le tracé jusqu'à ces rapides qui seront disposés de manière à pulvériser d'énormes masses d'eau pour enrichir le fleuve aérien.

Chacun de ces tronçons, par son extrémité amont, se raccordera tangentiellement, suivant de grands rayons de courbure, à un tracé se dirigeant vers le massif le plus voisin (Adrar des Iforras ou Aïr) en suivant le lit d'un ancien fleuve.

Ici évidemment il n'existe pas de forêts et tout est à créer, mais le seul fait d'adopter comme tracé général les vallées des grands fleuves desséchés donne la possibilité de réussir des plantations. Pour cela il faudra aménager des bassins d'emmagasinement afin de capter les ruissellements des orages des versants montagneux.

Ces fleuves aériens, ces tranchées devront avoir une assez grande largeur, 200, 300 mètres suivant hauteur des bandes forestières que l'on peut espérer réaliser : Si la largeur est trop faible en comparaison de la hauteur des arbres, on s'expose à ce que la tranchée soit, suivant son orientation, à l'ombre pendant une trop grande partie du jour ; si la largeur est trop grande, le fleuve d'air n'est plus suffisamment guidé et il faudrait, en ce cas, ajouter aux deux bandes latérales une ou plusieurs bandes forestières médianes.

Comme première indication, deux tracés peuvent être esquissés :

Un premier, particulièrement indiqué en raison de sa moindre longueur, partirait du Niger en amont de Gao en empruntant la dépression du Tilemsi et la remontant jusqu'au versant occidental de l'Adrar des Iforras.

Un second se détacherait du fleuve en amont de Gaya, pour remonter le Dallol Bosso, l'Azaouak et aboutir par le Tessellaman dans la vaste dépression du Talak au pied de l'Aïr. Là on aménagerait un centre de coordination pluvigène puissant, la dépression du Talak se trouvant au point de convergence de divers oueds, notamment du Tafassasset, et recueillant une partie des eaux de ruissellement du versant occidental de l'Aïr.

Si l'efficacité du système aérien Niger-Dallol Bosso était reconnue insuffisante on pourrait, pour l'accroître, recourir à un fleuve aérien allant prendre son origine dans le golfe de Guinée et venant se raccorder à ce système aux alentours de Gaya.

Ce fleuve aérien remonterait l'Ouméné sur tout son parcours, se prolongerait sur le versant du bassin hydrographique du Niger jusqu'à ce fleuve, soit par l'Alibori, soit par le Bouli.

Là où il faudrait abandonner le lit de ces cours d'eau pour obtenir un tracé rectiligne ou à grands rayons de courbure, on pratiquerait les coupes nécessaires dans la forêt. Il y aurait lieu, après défrichement, d'aménager ces terrains en rizières.

Là encore il faudrait constituer une tranchée de 300 à 500 mètres de large, bordée à droite et à gauche par la forêt ou les futures bandes forestières, ayant pour radier les cours d'eau ci-dessus dénommés ou autres nappes d'eau, et provisoirement les marécages jusqu'à leur transformation en rizières ; ces marécages existent déjà sur un très grand parcours le long de l'Ouméné.

Sur le tracé de ce fleuve aérien devront être aménagés des centres de coordination à des distances de 50 kilomètres par exemple. Chacun d'eux contribuera, dans son rayon d'action, à accroître l'humidité des terrains avoisinants et aidera ainsi à maintenir très riche en vapeur la masse d'air canalisée et celle, non moins importante peut-être, qu'elle entraînera par succion depuis le golfe de Guinée jusqu'au Niger.

Des renseignements contenus dans le dictionnaire Vivien de Saint Martin résulte que les vents pénètrent avec force dans chacune des embouchures du Niger, ce qui permet aux navires de remonter spontanément le fleuve malgré son courant.

Sans doute en sera-t-il de même pour l'Ouméné et aussi pour les dérivations sur le Niger esquissées plus haut, courants d'air déterminés par le cheminement vers des régions plus élevées, en même temps que plus arides c'est-à-dire plus chaudes. Il y a en effet appel du centre du Sahara vers les rivages et, la mousson soufflant du Sud-Ouest, les masses d'air canalisées vont tendre à aller du moyen Niger vers les massifs montagneux sahariens.

Il n'est point d'ailleurs interdit d'espérer que les dérivations partant des régions de Gao et de Gaya amélioreront suffisamment la pluviosité pour rendre inutile l'aménagement de l'Ouméné.

Depuis longtemps déjà, en effet, il est surabondamment démontré que les phénomènes météorologiques exercent les uns sur les autres des répercussions hors de proportion avec les forces mises en jeu au départ. C'est à ces répercussions que sont dues la plupart des grandes inondations. Tel fut le cas pour celles qui ravagèrent le midi de la France de fin septembre à mi novembre 1907 ; il en a été de même en Tunisie fin mars 1929.

Ce sont ces répercussions, ces pluies énormes qu'il importe de provoquer sur les confins du Sahara pour assurer la plus prompte remise en eau des immenses dépressions qui se sont peu à peu asséchées dans la suite des millénaires, assèchement dû en partie à la circulation atmosphérique centrifuge stérilisante qui régnait à leur surface par belles journées de soleil et de calme, ainsi que nous l'avons vu.

Il y aura donc lieu, en dressant les devis de ces fleuves aériens, de ne point tenir pour négligeable l'influence croissante que l'apport quasi incessant d'énormes masses d'air humide aux pieds des massifs de l'Adrar des Iforras et de l'Aïr pourra exercer, d'année en année, sur la transformation de la pluviosité saharienne.

Nous avons indiqué comment devront être constitués les centres pluvigènes des cîmes.

De l'examen des cartes et documents relatifs au Sahara algérien, au Sahara soudanais, à la boucle du Niger, au bassin du Tchad, etc., résulte que les lacs, mares, étangs sont plus nombreux qu'on ne le croit, et que quelques uns sont assez importants. Dans la colonie du Niger, pour nous borner à ce territoire, nous pouvons citer avec Maurice Abadie (1) les dépressions suivantes : Dans l'Aïr les étangs permanents d'Agamgam, Tagarit et Tamgak, au Sud-Est du Tibesti les étangs d'Ounianga qui couvrent près de 1.000 hectares et sont inutilisables pour l'irrigation, leurs eaux étant trop salées ; à Agadem au Sud du Kaouar, un grand lac, vestige

---

(1) Maurice ABADIE. — *La Colonie du Niger*, Paris, 1927.

d'une ancienne mer intérieure ; les deux lacs de Guidimouni à l'Est de Zinder ; le lac de Keita près de Tahoua dans l'Azaoua et l'étang permanent de Tabki Tafoulat sur la frontière de la Nigéria.

Il y a lieu, ainsi que nous le dirons plus loin, de les aménager en centres pluvigènes en quelque sorte autonomes, mais bien aussi de les utiliser à apporter aux cîmes les plus voisines leur contingent de vapeur. Si donc, à plus ou moins grande distance mais au Sud d'un massif, se trouve une de ces dépressions renfermant de grandes masses d'eau de nature quelconque, si salées ou natronées soient-elles, il y aura lieu de les raccorder aux pieds des massifs par des haies forestières plus ou moins espacées suivant hauteur des arbres et même, si la chose est possible, de prolonger ces haies jusque vers le sommet, de manière à n'opposer aucun obstacle à l'afflux d'air.

Ces lacs, ces étangs pourront ainsi, suivant la saison et l'heure, soit donner des pluies locales périphériques, soit contribuer aux précipitations météoriques des cîmes.

Dépressions du Sud Tunisien, du Sud Constantinois, de la Tripolitaine et de l'Egypte

Pour diminuer la stérilité de ces régions on sera très vraisemblablement amené à bref délai à établir de grands canaux dérivant de la Méditerranée les eaux nécessaires au remplissage des très vastes dépressions qui existent sur ces territoires, notamment chotts Rharsa et Melrir suivant le projet du Commandant Roudaire, la très vaste dépression allant de l'oasis de Siouah vers le Fezzan en Tripolitaine, celle de Quattarah, proche l'oasis de Siouah, en Egypte. Ces deux dernières dépressions sont signalées par M. Dubuc dans « le Monde Colonial Illustré » de juin 1929.

La dépression de Quattarah étant de grande profondeur (plus de 100 mètres), le canal de prise sur la Méditerranée partant de Sollum pourra avoir des dimensions bien moindres que celui que nécessiterait la mise en eau de la mer Roudaire. Le gouvernement égyptien paraît disposé, dès maintenant, à réaliser à bref délai ce projet dont tous les éléments ont été étudiés.

Le remplissage du bas-fond tripolitain ne serait sans doute pas plus difficile à réaliser : Le dictionnaire Vivien de Saint Martin signale que cette dépression, au sud du plateau de Barka, semble avoir été jadis un bras de mer entourant la Cyrénaïque vers le Sud et faisant de celle-ci une véritable île de la Méditerranée ; cette dépression est vers l'Ouest de 100 à 107 mètres en contre-bas du littoral de la grande Syrte et se continue à l'Est par des dépressions variant de 30 à 51 mètres au-dessous du niveau de la mer. « Au Sud de cette dépression, où un faible travail ramènerait « peut-être les eaux de la Méditerranée, recommence l'océan infini des sables du « désert libyque. » (1)

L'évaporation intense due à toutes ces nappes d'eau accroîtrait quelque peu l'humidité des vents de nord-est et d'est qui constituent l'harmattan en Afrique Occidentale et en Afrique Equatoriale. Les cîmes du Hoggar, de l'Aïr et autres mas-

---

(1) *Dictionnaire de géographie,* VIVIEN DE ST-MARTIN, t. VI, Tripolitaine.

sifs sahariens verraient, par suite, s'accroître leurs pluies de chaleur. Ces régions arides que nous venons de signaler sont solidaires du Sahara : Tout accroissement de pluviosité provoqué en l'une d'elles exercerait d'heureuses répercussions sur l'amoindrissement de la stérilité des autres. Cela justifie quelque peu le rapprochement que nous avons été amené à faire.

Ressources en nappes d'eau des diverses régions du Sahara

Nous venons d'indiquer divers moyens à employer pour refouler le Sahara. Il nous faut maintenant examiner les ressources que nous offrent ses différentes régions.

Aménagements dans le Tchad

Nous avons déjà dit quelques mots des installations à créer au Tchad. Ajoutons que cet immense chott reçoit du Chari, de la Komadougou et autres tributaires, 24 milliards de mètres cubes d'eau par an (1).

24 milliards de mètres cubes d'eau c'est la quantité que pourraient contenir mille barrages réservoirs de 24 millions de mètres cubes chacun. Un très grand intérêt s'attache donc à créer un certain nombre de centres de coordination atmosphérique pour accroître dans la plus large mesure possible les pluies dues à cette vaste nappe d'eau.

Les tours tronconiques avec dôme sphérique seront instaurées sur les îles les mieux isolées et reposeront sur le sol de ces îles. Tout autour une surface importante sera couverte en paillis pour créer un puissant centre de surchauffe et d'appel.

Nappes d'eau de la région du Tchad

Nous avons précédemment cité quelques unes de celles de la Colonie du Niger. Dans les Territoires du Tchad qui s'étendent à l'Est de ce dernier, se trouve une nappe d'eau particulièrement intéressante, le lac Fittri, grand chott de 1 m. 50 à 2 m. de profondeur, dont la surface varie de 10.000 hectares aux basses eaux à 50.000 hectares aux hautes eaux.

Lacs de la région de Tombouctou

Autour de Tombouctou s'étalent de très nombreux lacs que le Niger peut chaque année remplir : le lac Débo avec ses 250.000 hectares de prairies flottantes, les lacs Horo, Fati, les deux Daouna, les lacs de Tenda, de Kabara, de Sompi, de Korienza, les lacs Dô et Nyangaï, le groupe des lacs de l'Aribinda et d'autres encore, le Télé, branche méridionale du Faguibine, le Faguibine lui-même qui a encore une centaine de kilomètres de longueur d'Est en Ouest, alors qu'il couvrait jadis une énorme surface, lorsque le seuil de Tosaye n'avait pas encore été percé par le Niger et que les eaux de ce fleuve se déversaient dans la mer du Djouf par un très vaste delta.

Chacun de ces lacs peut être transformé en centre de coordination grâce à des revêtements flottants de prairies aquatiques. Toute la combinaison consiste ici à

---

(1) Documents Scientifiques de la Mission Tilho, Niger-Tchad, 1906-1909 ; t. I, p. 68.

centrer l'appel à l'aide d'une tour, tronc de cône surmonté d'une calotte hémisphérique, qui sera fixée sur le fond ou sur un chaland ancré sur le fond. Ce chaland pourra servir de pêcherie, de sêcherie de poissons, de poste de surveillance, etc...

Nappes d'eau du Sahara Algérien

Même dans le désert algérien on trouve des dépressions aptes à être transformées en centres pluvigènes, telle la sebkha de Timimoun dans le Gourara, la plus étendue, de 40 kilomètres de long sur 6 à 7 de large au maximum, d'après les indications de M. E. F. Gautier dans son volume « Sahara Algérien ».

Ce savant nous signale aussi l'existence au Gourara et au Touat, d'un chapelet de petites sebkhas flanquées d'oasis, ainsi que d'anciens lacs asséchés sur lesquels, d'après la tradition, les indigènes naviguaient de Ksar en Ksar.

Citons encore au Tidikelt la sebkha Mekergan, les oasis d'In Salah, In Ghar, Aoulef, dont les nappes d'eau s'accompagnent chacune d'une ou plusieurs sebkhas, et au Mouydir-Ahnet de nombreuses mares appelées Aguelmans qui jalonnent des lits d'oueds.

Chotts des Hauts-Plateaux

De même, dans toute l'étendue des Hauts-Plateaux du Sud il y aura lieu d'aménager les chotts, sebkhas, zahrez, etc.

D'Est en Ouest citons les chotts Asloudj, Mouiat Tofelat, Melghir, Merouan ; toujours d'Est en Ouest, les chotts d'Aïn Beïda et du bassin du Tarf, El Hodna, Zahrez Chergui, Zahrez Gharbi, Chotts el Chergui et el Gharbi, Chott Tigri au Maroc près de la frontière algérienne.

Là où les nappes d'eau font absolument défaut on recourra aux centres de coordination à sec déjà décrits, on utilisera les champs de cailloux, les mers d'alfa, etc... De la sorte on créera des centres de convergence.

Dans les régions à pluies généralement déficitaires il faut se garder de laisser les ruissellements de l'hiver ou des orages s'acheminer vers la mer. Mieux vaudra sûrement les diriger vers les dépressions du sol, les conserver dans des sortes d'étangs provisoires qu'on aménagera en centres pluvigènes.

Rôle important dévolu aux fleuves Sénégal et Niger

Il convient d'insister particulièrement sur le rôle important que le Sénégal et le Niger sont appelés à remplir : chaque année ces fleuves débordent sur des surfaces immenses. Il faut remettre en état les drains, les marigots qui permettront de diriger ces eaux vers les dépressions les plus éloignées et les plus aptes à en emmagasiner de grandes quantités. Il convient notamment d'exhausser, d'étrangler le seuil de Tosaye pour accroître l'alimentation des lacs de la région de Tombouctou et principalement du Faguibine, comme le recommandent MM. Chudeau et Dubuc.

Partout où l'on dispose d'eaux douces abondantes nous ne saurions trop recommander la création de rizières distribuées tout autour d'un centre de surchauffe.

Indications données par M. Dubuc

M. Dubuc déclare (1) qu'il suffirait d'établir à Tosaye un barrage relevant de très peu le plan d'eau du Niger en temps de crue et de recreuser les marigots (principalement celui de Goundam) plus ou moins obstrués par la végétation, les apports de limon et de sable, pour faire renaître à la vie de vastes régions que ne fréquentent plus actuellement que de rares pasteurs et leurs chétifs troupeaux. Ces régions se couvriraient alors de palmeraies, rizières, champs de céréales et pourraient ainsi nourrir une nombreuse population agricole. Nous ne saurions trop appuyer ces vues.

Le refoulement progressif du désert devra être entrepris à partir des littoraux

Nous venons de voir qu'il y avait lieu, tout d'abord, de retenir, dans la mesure du possible, les eaux de ruissellement dans les dépressions au lieu de les laisser se jeter à la mer, et d'aménager ces dépressions pour qu'elles donnent des pluies.

Mais c'est par la meilleure utilisation des littoraux que nous amorçerons le plus efficacement la régression du désert par étapes successives, en organisant au fur et à mesure les régions conquises.

Voyons donc maintenant ce que nous avons à faire dans cet ordre d'idées sur les littoraux africains qui entourent le Sahara, en nous bornant à ceux soumis à la France.

Littoral sud-tunisien

Examinons d'abord le littoral du Sud de la Tunisie : Quelques sebkhas sont en bordure du golfe de Gabès : Sebkhas el Brega, el Adhebat, bou Djemel, el Melah, Bou Grara, Gourine, Mezessar, etc. Dans ce golfe la marée est loin d'être négligeable, elle atteint en certains points jusqu'à deux mètres. Ces marées il faut les mettre à profit pour remplir les dépressions littoraliennes, puis aménager ces sebkhas en centres pluvigènes.

L'île Kerkennah est à très faible altitude ; le niveau maximum des terrains est seulement à 9 mètres au-dessus de la mer, à ce qu'il m'a été dit. La mer couvre et découvre une grande partie de son littoral ; nombreuses et importantes y sont les salines. Et malgré la multiplicité des nappes d'évaporation les pluies sont fort rares, faute de centres de coordination.

Djerba, de même, manque absolument de relief.

Il est inconcevable que, bien que la mer soit peu profonde et, par suite, l'évaporation très active, les pluies soient aussi rares ; il y a là une anomalie singulière. Sans doute quelques tours de centrage installées dans ces sebkhas modifieraient du tout au tout le régime des pluies de ces îles par trop plates.

Littoral nord-tunisien

Si, abandonnant le golfe de Gabès, nous remontons au Nord de la Tunisie, nous voyons de nombreuses nappes d'eau utilisables : Guerrah Achkel, lac de Bizerte,

(1) « Monde Colonial Illustré », mai 1927, p. 113, *Politique de l'eau au Sahara.*

lagune de Porto Farina, Sebkha Er Riana, Sebkha Es Sedjoumi, lac de Tunis. Vers le centre du Protectorat se rencontrent de vastes étendues aptes à emmagasiner d'immenses quantités d'eau : lac Kelbia, Sebkha m'ta Moknine, Sebkra Cherita, Sebkra Sidi El Hani, Sebkra M'ta El Ghorra, Sebkret en Nouail, Sebkha d'Ouaref, et enfin les immenses surfaces des chotts El Fedjedj, Djerid, El Rharsa.

Ainsi qu'on le voit, énorme est l'étendue des dépressions tunisiennes, et un certain nombre de sebkhas peuvent être alimentées par la mer, ce qui est un très précieux avantage : cela permettra sûrement d'améliorer notablement la pluviosité d'une partie de la Tunisie.

Nappes d'eau de l'Algérie

L'Algérie, malheureusement, ne peut rien emprunter à la mer ; seul le petit lac Mellah, près la Calle, y aboutit. Les autres nappes d'eau en bordure du littoral sont le lac Oubeïra, le lac Fezzara qu'on est en train d'assécher, ce qui est une grave erreur, et la sebkha d'Oran.

Nous avons énuméré tout à l'heure les nombreuses dépressions des hauts-plateaux algériens.

Aménagement des cîmes algériennes en centres pluvigènes

De même qu'au Sahara, il y a lieu de prévoir en Algérie l'aménagement de quelques centres pluvigènes à installer sur les plus hautes cîmes.

Citons tout particulièrement le massif de l'Ouarsenis dont le point culminant atteint 1.985 mètres. On ne saurait douter un instant qu'un grand intérêt s'attache à accroître dans la plus large mesure possible la pluviosité de ce massif, attendu que c'est à son pied que se trouve le barrage de l'oued Fodda.

Même observation pour les autres cîmes algériennes qui dominent les barrages, aussi bien ceux de retenue que ceux de dérivation.

Nappes d'eau de la côte atlantique de l'A.O.F.

Mais la ressource la plus précieuse pour refouler le Sahara nous est donnée par la côte atlantique de l'Afrique Occidentale Française : Là nous disposons d'un millier de kilomètres de littoraux à très faible altitude ; et sur ces littoraux les eaux océaniques, grâce aux marées et aux flots, ont créé de très nombreuses dépressions dont certaines constituent de vrais lacs dans lesquels la mer s'emmagasine.

Estuaire du Saloum

En partant de la frontière de la Gambie anglaise nous rencontrons tout d'abord les rivières Jombas et Saloum qui sont, en réalité, des bras de mer s'avançant à plus de 30 kilomètres dans les terres en englobant de nombreuses grandes îles. La marée remonte à plus de 80 kilomètres dans le Saloum ; sa montée moyenne à Kaolack est d'un mètre.

Plus au Nord la Somone offre, en réduction, un estuaire semblable.

Du Saloum à Dakar

De l'embouchure du Saloum jusqu'à Dakar la côte présente toute une série de marigots et lagunes : marécage de Guerréo, marigots Ndayane, Ndiangob, Ndirigoura, étang de Siendou, la très longue lagune de Bargny-Gouddou séparée de l'océan par une longue et mince langue de sable d'une quarantaine de kilomètres de longueur ; puis le marigot de Hann qui permettra l'accroissement des pluies dans la région de Dakar lorsqu'il aura été aménagé.

La « petite côte » présente des centres pluvigènes spontanés

Notons que dès maintenant le littoral dénommé « petite côte », qui commence au cap Rouge à une quinzaine de kilomètres au Sud-Est de Rufisque et s'étend jusque vers le Saloum, donne naissance à un certain nombre de pluies supplémentaires, ainsi que le signale M. Henry Hubert, Directeur du Service Météorologique de l'Afrique Occidentale Française, dans les termes suivants (1) :

« Ainsi que l'avait déjà remarqué le capitaine Schwartz dans le Fouta-« Djalon, *il y a des zones particulièrement favorables à la production des systèmes « nuageux : ce sont celles où se forment le plus facilement les courants ascendants.* « La région de Beyla et la Petite Côte au Sénégal sont de celles-là. En ce qui con-« cerne cette dernière, *on y voit presque chaque jour* en hivernage, se produire un « système nuageux dont les premiers éléments s'élaborent dès le matin et les der-« niers dans la soirée. Toutefois, un petit nombre d'entre eux a une évolution com-« plète jusqu'au grain..... »

De Dakar à Saint-Louis

« Plus au Nord, sur la côte de Dakar à Saint-Louis, on rencontre beaucoup « de petits lacs appelés seyanes par les indigènes, formant avec la végétation qui « les entoure des oasis appelées niayes qui *s'échelonnent en un chapelet continu* « derrière les dunes (2). »

Certains de ces lacs sont assez importants, lac Ouôrouae, Youï, M'Bogossé, Retba, ce dernier signalé comme étant un lac salé alimenté par la mer, M'Baouar, Tamna, Mekhé, Ndaère. La Tamna, desséchée en été, a une longueur d'une douzaine de kilomètres.

De Saint-Louis à Port-Etienne

Plus au Nord encore, tout au long de la côte de Saint-Louis à Port-Etienne, « la plaine se termine par une longue dune littorale qui retient à l'intérieur *un cha-« pelet de lagunes salées formant à la saison sèche autant de salines exploitables* (3). »

---

(1) H. Hubert. — *Nouvelles études sur la météorologie de l'Afrique Occidentale Française*, p. 106.

(2) « Annuaire du Gouvernement Général de l'A.O.F. », p. 364.

(3) Id., id., p. 808.

D'autre part, MM. A. Gruvel et A. Bouyat nous donnent les renseignements suivants (1) : « A 80 kilomètres environ au Nord de Saint-Louis, sur la bordure Est « du lac Taniahya (qui a environ 40 kilomètres de longueur) se trouve une première « saline, celle de Takal ; à 40 kilomètres à peu près au Nord de celle-ci, au niveau « du lac Bourrouck, commence *la série des salines* de l'Afftouth, au nombre d'une « dizaine, *auxquelles font suite, presque sans interruption, les salines de Machebo, « ainsi que celle d'Oglet-Brahim.*

« Toutes ces salines sont, en général, situées entre la dune peu élevée de la « rive et celle, beaucoup plus haute, qui commence au Sud du lac Taniahya, à une « vingtaine de kilomètres de la côte, *et se continue à peu près sans interruption*, en « restant à peu près parallèle au rivage, jusqu'à la saline de Noulageheb, la plus « septentrionale et la plus vaste des salines de l'Afftouth..... La plage extrêmement « plate et basse, qui relie le cap Mirik (ou cap Timiris) à la baie du Lévrier est formée, « le plus généralement, par un terrain salé avec quelques salines plus ou moins « nettes et plus ou moins desséchées..... *Or le plus grand nombre de ces salines, toutes « peut-on dire* (et c'est même là la cause de leur formation) *communiquent avec la « mer par un chenal*, d'une façon intermittente et seulement, pour la plupart, au « moment des grandes marées d'équinoxe. »

Les centres de coordination du littoral de l'Afrique Occidentale Française nous permettent de puiser dans l'océan

L'Atlantique nous offre donc là sa masse d'eau inépuisable ; nous pouvons y avoir recours sans compter, multiplier les centres de coordination, les plantations de palétuviers, de guetaf, de tamaris et autres végétaux ne craignant point la mer.

Ces végétaux constitueront une première ligne de défense pour tempérer les vents, permettre aux masses atmosphériques humides venant du large de se surchauffer légèrement de un, deux ou trois degrés, dès leur arrivée sur le continent, s'élever dans le ciel et donner un premier cordon de pluies.

Ces précipitations météoriques seront utilisées à créer alternativement des bandes boisées, des bandes en culture, puis à l'arrière, plus profondément dans les terres, une nouvelle ligne de centres de coordination.

Autres avantages des centres pluvigènes

Les centres de coordination pluvigènes sont appelés, non seulement à permettre l'établissement des grandes cultures sur de nouveaux territoires de plus en plus considérables, à assurer l'accroissement de rendement et la sécurité des récoltes, mais aussi à rafraîchir l'atmosphère des villes, à faciliter leur approvisionnement en légumes et fruits de toutes sortes grâce à l'extension des cultures maraîchères, à contribuer à la beauté de leurs environs par la multiplication et le développement des parcs et des galeries forestières.

---

(1) *Les pêcheries de la Côte Occidentale d'Afrique*, p. 211.

Cas de Dakar

Dakar paraît appelé à bénéficier très largement des vues exposées ci-dessus : Ainsi que nous l'avons dit, il a été observé par le service météorologique de l'A. O. F. que son littoral Sud — la région dénommée « petite côte » notamment — bénéficie déjà de pluies supplémentaires dues aux marigots et aux massifs forestiers du voisinage.

Sans doute cet accroissement pourra-t-il être singulièrement accentué en perfectionnant les ébauches naturelles de centres de coordination essaimées sur la « petite côte ». Ainsi l'écart entre les chétifs boqueteaux de Dakar et les splendides forêts de Konakry pourra-t-il être atténué dans une certaine mesure.

En outre, Dakar bénéficiera des avantages énumérés au paragraphe précédent.

On voit donc que le coût d'un centre de coordination pourrait être considérable et donner lieu cependant à un bénéfice énorme pour la région environnante.

Il en serait, d'ailleurs, de même à Saint-Louis qui souffre de la pénurie d'eaux potables.

Résumé et Conclusions

L'homme peut et doit remédier à l'insuffisance des pluies

La pénurie des pluies dont souffre une partie considérable de notre empire africain n'a rien de fatal.

Elle n'a point pour cause essentielle un soleil trop ardent. C'est, en effet, dans les régions équatoriales, là même où ses rayons sont les plus brûlants, que les pluies sont les plus copieuses, les plus régulières ; et, dans la zone tempérée, c'est pendant la période la plus chaude de l'année et pendant les heures les plus chaudes de la journée, qu'en bien des lieux les précipitations météoriques sont les plus abondantes. Elles sont même quasi quotidiennes en été sur certaines cîmes de montagnes.

Circonstances propres à l'Afrique du Nord

L'Afrique du Nord a bénéficié en diverses périodes géologiques, notamment dans le pleistocène, d'un régime très pluvieux, ainsi qu'en témoignent les lits des grands fleuves aujourd'hui taris et tous les faits recueillis par les géologues.

La pénurie actuelle des pluies est due, sans doute, à la fois à l'exondation de l'immense plaine russe, à l'accroissement considérable des surfaces dénudées et tout particulièrement des ergs, à la disparition des mers intérieures sahariennes et des lacs.

Au Sahara, seuls persistent encore le Tchad à l'est, le Faguibine et quelques autres lacs de la région de Tombouctou à l'ouest. Ces heureuses exceptions sont dues à ce fait que, grâce au Chari et au Niger, ces lacs sont alimentés par les ruissellements des pluies qui tombent à 700 et 800 kilomètres plus au Sud, dans la zone équatoriale.

Mais les fleuves sahariens venant du Nord, qui alimentaient le Tchad, s'étant asséchés, ce lac, qui était aussi grand que la France, n'a plus actuellement que l'étendue de la Belgique. Cette néfaste évolution s'est d'ailleurs poursuivie dans tous les continents.

Ces nappes d'eau se sont asséchées par suite de diverses causes, notamment de la défectueuse circulation atmosphérique qui règne à leur surface.

L'étendue des surfaces d'évaporation se réduisant, les pluies ont diminué, leur apport est devenu insuffisant pour pourvoir aux besoins d'une végétation puissante ; des forêts ont disparu, d'autres se sont étiolées : des surfaces de plus en plus grandes se sont dénudées et sont devenues désertiques. Dans la suite des millénaires, les océans ont collecté les eaux des mers intérieures.

Par contre dans la zone équatoriale elle-même, en raison de l'étendue des mers, de leurs archipels baignés par des eaux chaudes, de l'immense étendue des forêts vierges, le soleil continue à provoquer l'ascension générale de l'atmosphère vers les hautes régions du ciel et donne des pluies à la fois abondantes et régulières, d'autant plus abondantes et régulières qu'il est plus ardent, plus proche du zénith.

Dans l'Afrique du Nord, beaucoup trop massive, trop appauvrie en forêts, privée de ses lacs, à atmosphère beaucoup trop aride, à sol trop dénudé, l'ascension

provoquée par les radiations solaires est devenue le plus souvent inefficace pour donner des pluies, vu l'extrême pauvreté de l'atmosphère en vapeur et l'action nocive des ergs et des tanezroufts.

Les aires dénudées, surchauffées, font appel de proche en proche sur d'immenses étendues. Les masses d'air se déplacent sur des milliers de kilomètres en donnant naissance à des vents qui soufflent chaque jour avec une telle constance, une telle force, que M. E. F. Gautier, l'éminent professeur de l'Université d'Alger, dans ses divers écrits et notamment dans la brochure « Les Territoires du Sud de l'Algérie » (1), a appelé tout particulièrement l'attention sur leur utilisation, ne fût-ce que pour les besoins de la télégraphie sans fil. « On a sous la main au Sahara, dit-il « (page 117), une force immense inutilisée : le vent sur toute l'étendue du désert. « Il est infiniment plus fort et plus régulier que chez nous : Sur certains points « comme In-Salah, coule d'un bout de l'année à l'autre une sorte de torrent aérien. « La force du vent est une des surprises qui attendent le voyageur au Sahara. »

Il y a donc contraste absolu avec les pays équatoriaux. Ceux-ci ont, en effet, pour caractéristique d'être la zone des grands calmes à atmosphère saturée d'humidité.

Il ne faudrait point en conclure qu'il y a impossibilité à accroître systématiquement la pluviosité des régions sahariennes : Beaucoup de leurs cîmes bénéficient encore de pluies de chaleur.

Voilà ce qui résulte des observations recueillies par divers explorateurs, notamment Duveyrier, Flatters, Foureau, Cottenest, Guilho-Lohan, Motylinski, Flamand, Basset, Gautier, Chudeau, Voinot, Cortier, Dinaux, de Foucauld, sur la pluviosité dans l'Aïr, l'Adrar des Iforras, le Hoggar, le Tassili des Azdjers, le Tibesti, l'Adrar Ahnet, le Mouydir Ahnet, le Tadmaït, le Grouz.

Or ces pluies il paraît possible de les accroître, de les contraindre à s'étaler sur des surfaces de plus en plus grandes, par un aménagement rationnel et, d'autre part, en enrichissant l'atmosphère en vapeur, notamment en créant des fleuves aériens, ce que le Niger nous permettra de faire grâce à son étendue et à ses rapides aménagés en pulvérisateurs d'eau.

Surabondance des pluies en certaines régions

Il est un territoire que nous avons signalé pour la surabondance de ses pluies : C'est celui de Tcherra-Poundji dans la province d'Assam (partie nord-est de l'Inde) par 25° de latitude, plateau situé à 1.200 mètres d'altitude qui domine les gorges de la rivière Oumtsiang.

La moyenne de 25 années de pluie a été 12 m. 087 ; c'est le point du globe terrestre le plus abondamment arrosé. En 1861 leur quantum a atteint 20 m. 45 dont 9 m. 30 pour le seul mois de Juillet. Notons qu'à Tcherra-Poundji, tout comme dans les autres régions à moussons, il ne pleut qu'en été ; les pluies dépassent donc 3 mètres par mois en cette saison.

Là se trouvent réunies les conditions nécessaires pour avoir des pluies excessives inutilement surabondantes : Océan à eaux chaudes, immenses marécages,

(1) Brochure publiée en 1922 par le Gouvernement Général.

très hauts reliefs frappés par un soleil de feu. Au nord se dresse l'immense massif Himalayen, justement dénommé le séjour des neiges, avec ses croupes, ses cîmes étagées de 2.000 à près de 9.000 mètres de hauteur. Les versants sud de tous ces hauts reliefs s'échauffent en été, font appel des masses atmosphériques qui frôlent les eaux chaudes de l'Océan Indien. C'est la mousson du sud-ouest qui prend naissance et acquiert de jour en jour plus de force. Le fleuve aérien chargé des vapeurs de l'Océan, qui traverse Tcherra-Poundji sur sa route, s'humidifie de plus fort dans le golfe du Bengale, puis derechef en traversant l'immense delta marécageux du Gange. Après quoi il vient frapper le flanc droit escarpé d'un affluent du Brahmapoutre ; là, sans doute, il s'enrichit des embruns chargés d'électricité des cascades de ce torrent et, s'élevant brusquement de plusieurs centaines de mètres au-dessus du plateau de Tcherra-Poundji, cette colonne ascensionnelle se refroidit par détente. Des puissants massifs nuageux qu'elle engendre une pluie diluvienne tombe chaque jour d'été. Ces eaux, descendant dans la plaine du Gange, s'étalent dans les marécages ; là elles s'évaporent, et leur appoint contribue à donner naissance à de nouvelles pluies.

Cette multiplication des pluies que la nature réalise à l'aide de versants montagneux frappés par les vents océaniques, l'homme peut la réaliser dans une certaine mesure en bien des cas.

En tout premier lieu il doit, autant que possible, empêcher les ruissellements d'aller à la mer : Pour ce, il faut qu'il multiplie les lacs, les barrages de retenue et de dérivation, les étangs, les bassins d'absorption, les submersions, les irrigations ; qu'il utilise la capacité d'absorption des terrains, la capacité d'emmagasinement des strates perméables que recèle le sol ; qu'il assure la remise en eau des dépressions qui se sont asséchées dans la suite des temps ; puis qu'il multiplie les centres de coordination atmosphérique de telle sorte que les pluies tombées servent à en engendrer d'autres.

Pluies provoquant d'autres pluies à partir du littoral jusqu'à grande distance de l'océan

C'est précisément ce que nous offre la nature dans l'immense bassin de l'Amazone, ainsi que nous l'avons vu : Les pluies atteignent 2 m. 50 et 3 mètres dans toute son étendue, et ce jusqu'à plus de 3.000 kilomètres de profondeur à partir du littoral Atlantique. Cela est dû à ce que les vents océaniques du nord-est, les alizés, ont à s'élever de plus de 3.500 mètres pour franchir les seuils des Cordillères Occidentales et de la Cordillère de Quito. Dans tout ce parcours les pluies ont donné naissance à d'immenses forêts vierges, à de vastes nappes d'eau descendantes sous forme de fleuves, d'affluents ; et ces forêts et ces nappes d'eau engendrent chaque jour de nouvelles pluies dans toute l'étendue du bassin hydrographique.

Cycle de pluies en un même lieu, dû à l'évaporation du sol et des végétaux (Rappel des conclusions de Muntz)

C'est ici le lieu de rappeler en quelques mots les conclusions des observations et expériences du savant Muntz de l'Institut, faites à la station végétale de Bellevue :

Le sol détrempé par de fortes chutes météoriques évapore constamment de l'eau qui produit des nébulosités, lesquelles retombent sous forme de pluie pour continuer le cycle jusqu'à ce que des phénomènes météorologiques suffisamment puissants viennent le rompre. Cette évaporation à la surface du sol est produite surtout par le développement végétal ; et c'est le calorique emmagasiné dans les terrains qui assure cette évaporation constante si les pluies ne sont pas trop espacées.

Par contre, des régions favorablement situées souffrent de la pénurie des pluies et sont devenues stériles

Si certaines régions bénéficient de pluies surabondantes, combien nombreuses sont celles qui, bien que favorablement situées, souffrent de leur pénurie et sont devenues stériles !

Nous avons vu que le désert de Thur était dû sans doute aux apports continus dans le cours des siècles, sous l'influence de la mousson du sud-ouest, des sables de la mer d'Oman provenant, en grande partie, des alluvions du fleuve Indus, en même temps que de l'usure des littoraux sous le choc des flots. C'est encore là une des caractéristiques du vieillissement de la terre.

Le rayonnement de cette vaste étendue hérissée de dunes est certainement la cause de la pénurie des pluies : nombre de nuages doivent se dissiper avant de donner des gouttes d'eau et beaucoup de gouttes doivent s'évaporer avant d'atteindre le sol.

Ce même rayonnement stérilisateur des sables paraît être une des causes principales de l'existence des zones désertiques le long des océans : l'Océan Indien baigne sur un millier de kilomètres les rives désertiques de l'Australie Occidentale. En bordure de l'Atlantique le littoral saharien atteint une longueur sensiblement égale. Pour le Pacifique il faut compter plus de 2.700 kilomètres de littoral désertique sur le versant occidental de l'Amérique du Sud : déserts de Tumbès, de Séchura, d'Atacama, pampa de Tamarugal. Sur le littoral atlantique de ce même continent, la région des steppes de Patagonie, qui s'étale sur 1.300 kilomètres, n'a qu'une très faible pluviosité, et même elle est marquée comme désertique sur plusieurs atlas.

Les autres causes principales, que nous avons eu également l'occasion d'analyser à l'aide d'exemples caractéristiques, sont les courants marins froids (courant de Humboldt), les brouillards persistants lorsqu'ils se produisent dans la zone intertropicale (Pérou), la non convergence des alizés par suppression de l'un d'eux (Somalie italienne).

Plan d'ensemble du refoulement du Sahara

Sur le littoral océanique de l'Afrique Occidentale Française affluent très fréquemment d'immenses masses d'air très riches en vapeur. Il est, par suite, tout indiqué de les contraindre à donner des pluies. Pour ce, que faut-il ? Obliger à monter haut dans le ciel la strate atmosphérique qui vient de raser la mer et qui, par suite, est très riche en vapeur.

Pour atteindre ce résultat il y a lieu, tout d'abord, de transformer en centre de coordination chaque nappe d'eau de quelque importance existant sur le littoral. A cet effet :

1° On abritera quelque peu chacune de ces nappes contre le vent du large : on créera un calme relatif en recourant à quelques lignes de haies à claire-voie parallèles à la côte, complantées de palétuviers, tamarins, guetaf et autres végétaux ne craignant point le vent de mer ;

2° On facilitera l'échauffement de la nappe d'air venant du large en implantant à quelque distance du lac vers l'intérieur du pays, des bandes forestières de quelques dizaines de mètres d'épaisseur, assez denses pour former barrage, parallèlement au littoral et d'autres perpendiculairement pour achever de compartimenter la zone d'action de chaque nappe d'eau ;

3° On centrera l'appel sur le lac en recourant soit à un dôme en tôle, soit à des paillis flottants ancrés sur le fond, surmontés d'une paillotte ;

4° On évitera qu'un rayonnement trop intense des terrains environnants ne s'oppose à la formation des massifs nuageux, ce qui entraîne l'obligation de revêtir les sables d'une couverture végétale à l'aide de plantes appropriées, soit des fourrages, drinn, had, soit des broussailles, r'tem, saxaoul, soit des arbustes, talha, tamarix, teboraq, cactées.

Une étude attentive des conditions réalisées par la nature sur la « Petite Côte », entre Dakar et le Saloum, permettra sans doute de déterminer quelles sont les dimensions minima à adopter pour l'étendue des aires de surchauffe, de surévaporation, l'espacement et la hauteur des rideaux d'arbres et autres dispositifs.

Il est tout indiqué que ces travaux d'aménagement soient entrepris à partir de la « Petite Côte » vers Dakar, puis Saint-Louis, et ultérieurement jusqu'à Port-Etienne.

En Afrique Occidentale nous trouvons réunies les conditions de succès propres à la production des pluies de chaleur :

Deux fois par an le soleil passe au zénith. Ni le calorique solaire ni l'eau ne font défaut pendant plusieurs mois de l'année. D'autre part, l'état de civilisation étant assez peu avancé, les terrains ne sont point encore morcelés en parcelles infimes et l'on peut, par suite, dresser des plans d'une certaine envergure pour accroître la fréquence des précipitations.

Celles-ci sont très abondantes sur les côtes du golfe de Guinée ; elles dépassent 4 mètres sur le littoral de la Côte d'Ivoire et du Liberia, varient de 3 à 4 mètres dans le fond même du golfe aux embouchures du Niger et sur les rivages du Cameroun. Sur le parallèle de Konakry les pluies décroissent de 4 m. à 0 m. 600 depuis l'Atlantique jusqu'à la Nigéria. Le parallèle de Saint-Louis est dans la zone de 200 à 600 m/m. Un coup d'œil jeté sur la carte de répartition des pluies en Afrique Française montrera combien est irrégulière la décroissance des pluies vers le nord, combien par suite sont importantes les influences locales.

C'est le cas de rappeler les observations du colonel Baratier (1) d'après lesquelles les pluies au Ouassoulou (Soudan Français), à 11° de latitude, *sont en avance de plusieurs mois sur celles des régions du Nord.* Nous avons là des terres noires bien arrosées et en cultures, ainsi que des galeries forestières en bordure, conditions favorables à l'enrichissement de l'air en vapeur, à son échauffement et à son ascension.

---

(1) Lt Colonel Baratier. — *A travers l'Afrique*

Il y a lieu, tout comme pour la « Petite Côte », d'analyser de près les éléments qui coopèrent à la précocité des pluies et de s'en inspirer.

Ayant ainsi mis à profit dès le début les nappes d'eau existant sur le littoral, du Saloum à Port-Etienne, on s'attachera à mettre en eau les dépressions intérieures de ces régions, telles que salines, marigots, seyanes, en les transformant en centres de coordination, de manière à créer des bandes littoraliennes à fréquentes pluies. Puis on en établira d'autres successivement vers le Soudan, en utilisant au fur et à mesure toutes les surfaces d'eau existantes et toutes les dépressions inondables : Le Sénégal reflue jusqu'à 250 kilomètres de son embouchure sous l'influence de la marée ; c'est dire combien est faible la pente de toute cette région dans laquelle il déborde sur d'immenses surfaces ; nous avons là une large base d'attaque où l'eau ne fait point défaut pendant une partie de l'année.

Le Niger et les nombreux lacs de la région de Tombouctou nous offrent un deuxième champ d'action de très grande importance. Ce superbe fleuve pénètre en plein désert à 1.700 kilomètres de l'Atlantique, à 1.300 kilomètres du golfe de Guinée. C'est grâce à lui qu'on peut espérer refouler le Sahara central et remettre peu à peu en eau la vaste dépression du Djouf dont l'amélioration sera également entreprise à partir du littoral de l'Atlantique, en aménageant ce littoral non plus seulement entre la Guinée Portugaise et Port-Etienne ainsi que nous l'avons dit, mais même au delà, tout le long du Rio de Oro après entente avec l'Espagne, et même sur notre littoral sud-ouest marocain jusqu'à Agadir.

De même le Tchad et les autres nappes d'eau de son territoire constituent pour nous une troisième base très efficace. Les nombreuses îles de ce lac nous permettront de bien choisir celles qui se prêtent le mieux, par leur configuration et leur isolement, au rôle de centres pluvigènes, constituant ainsi des aires de surchauffe autour desquelles la nappe d'eau sera transformée en aires de surévaporation par des prairies flottantes.

Nous nous sommes étendus longuement sur les effets que l'on peut attendre de l'aménagement des cîmes de l'Adrar des Iforras, de l'Aïr, du Hoggar, en centres pluvigènes. Grâce au Niger il nous est possible, à l'aide de fleuves aériens, de faire affluer au pied de ces cîmes des masses d'air humide, d'accroître l'abondance de leurs chutes météoriques.

L'œuvre de refoulement des déserts devra de même être entreprise par le littoral tunisien, notamment dans le golfe de Gabès en bordure duquel existent plusieurs sebkhas et qui bénéficie de marées comme l'océan.

L'aménagement rationnel en centres de coordination des chotts, sebkhas, zahregs, de notre Afrique du Nord — Algérie, Tunisie, Maroc — des Territoires du Sud, du Sénégal, de la Mauritanie, du Soudan Français, de la Haute Volta et des Territoires du Tchad, permettra d'accroître en mille points la pluviosité, la fréquence des pluies. Si l'on veut bien tenir compte de la répercussion que les phénomènes météoriques exercent les uns sur les autres, l'homme peut espérer amorcer ainsi le mouvement de régression du Sahara.

A l'anarchie calorique qui seule a régné jusqu'ici il lui faut, en une infinité de points, substituer l'ordre, la coordination, provoquer l'incessante formation de mille et mille colonnes ascensionnelles productrices de pluies régionales ou locales.

Au lieu de les assécher systématiquement, il faut faciliter la remise en eau des immenses dépressions qui se sont peu à peu vidées par suite des défectuosités de la nature.

De la sorte on verra de jour en jour s'améliorer la pluviosité de notre empire africain.

Responsabilité assumée par l'Administration

L'Administration algérienne multiplie les barrages réservoirs et fait en cela une œuvre très utile, malgré les écueils et mécomptes qu'il y a lieu de prévoir et qui ont déjà plus d'une fois arrêté l'élan du public et de l'Administration en faveur de ces ouvrages.

Mais, d'autre part, *elle dépense follement des millions à assécher nos derniers lacs,* alors qu'il faudra, pour assurer la restauration de l'Afrique du Nord, de l'Afrique centrale et de la Mauritanie, les multiplier et remettre en eau les dépressions actuellement à sec. Je dis follement, c'est qu'en effet, malgré mes demandes réitérées, l'Administration ne s'est point assurée au préalable s'il ne serait pas possible de transformer ces lacs en centres pluvigènes ; et cependant nous possédons depuis assez longtemps des notions suffisantes pour entreprendre avec méthode l'œuvre de régression des régions arides, et depuis plus de vingt ans j'appelle son attention sur cette question capitale.

Pour assurer la viabilité de notre littoral nord africain nous avons créé et multiplié les chemins, les routes, les voies ferrées, les ports ; et, à cette heure, il est devenu aisé, grâce à ce persévérant labeur, de nous transporter rapidement, sans grande fatigue, dans les régions déjà colonisées ; chaque centre créé peut s'approvisionner et exporter ses produits.

Qu'avons nous fait pour accroître les pluies ? rien, absolument rien. Pis encore, nous ne cessons d'aggraver la situation. Après la sécheresse de 1921 qui coûta plus d'un milliard à l'Algérie, il eût été logique que l'Administration se décidât à inaugurer la politique de la pluie. Il n'en a rien été malgré mes instances réitérées et malgré que Délégations Financières, Conseils Généraux, Chambres d'Agriculture aient émis des vœux en faveur des essais de centres pluvigènes, et bien que M. le Gouverneur Général Lutaud, qui pendant dix ans avait suivi attentivement les progrès de plus en plus concluants de ma documentation, ait finalement déclaré en 1921 que mon système était d'une logique et d'une clarté aveuglantes, que des essais s'imposaient.

Autre considération de grande valeur : Sans contestation possible, l'équité exige que ces essais soient réalisés. L'Algérie est en train de dépenser des centaines de millions au profit des propriétaires des plaines ; ces millions sont prélevés dans la poche de tous les contribuables. Il est de toute justice que de sérieux efforts soient faits pour résoudre le problème des pluies. La solution de ce problème intéresse, en effet, tous les agriculteurs, tant ceux des plaines que ceux des montagnes, toutes les races, aussi bien les indigènes que les européens, et ce dans toute l'étendue de la colonie depuis le littoral jusque dans l'extrême sud.

Si les pluies étaient accrues le rendement des récoltes pourrait être doublé, l'étendue des ensemencements décuplée de même que l'élevage des ovins dans le sud. Les barrages réservoirs du Tell, les barrages de dérivation de toute l'Algérie auraient

leur alimentation mieux assurée ; les irrigations pourraient s'étaler sur de bien plus vastes surfaces. L'intérêt général de même que l'équité la plus élémentaire exigent donc impérieusement que l'on consacre chaque année des sommes importantes à l'essai et au perfectionnement des centres de coordination pluvigènes, jusqu'à parfaite mise au point, et cela sans plus tarder.

Rôle et devoir de l'Administration

Il importe beaucoup que dès maintenant l'Administration se préoccupe de l'avenir et voie clairement quel prodigieux accroissement de puissance et de productivité prendra l'empire africain de la France grâce à l'amélioration systématique de sa pluviosité.

Dans le Larousse Illustré, tome III, au mot « Civilisation », M. Théodore Steeg écrit : « L'homme civilisé est celui qui regarde vers l'avenir : ce trait psychologique « suffit à le distinguer du barbare qui vit au jour le jour... Tourné vers le passé, « absorbé par le présent, il ne prévoit pas ; des générations identiques se succèdent, « ne se léguant pas autre chose qu'une existence fragile dans la sujétion immédiate « et continue des choses. Avec la prévoyance apparaît la civilisation.... l'homme « accumule en vue des années futures, essaie d'obtenir le maximum de résultats avec « le minimum d'efforts, et transmet à ses descendants plus qu'il n'avait reçu, il « subit l'action de la nature mais, à son tour, agit sur elle, s'en empare parce qu'il la « comprend ; *par l'art il crée une réalité nouvelle...* Tels sont les éléments constitutifs « de la civilisation ».

Le rôle, le devoir de l'Administration consistent donc essentiellement à prévoir l'avenir. Après avoir si bien posé le principe il y a lieu de le mettre à application.

Dès maintenant, par suite de la très défectueuse pluviosité qui règne sur les trois-quarts du Tell et des Hauts-Plateaux d'Algérie, les terres arables sont insuffisantes pour pourvoir aux besoins de la population algérienne, et cela pour peu que l'année soit sèche, chose fréquente.

D'autre part, il faut compter avec l'accroissement énorme de population mondiale qui est appelé à se réaliser si quelque effroyable cataclysme ne survient point, prévoir l'insuffisance des récoltes de céréales qui, en certaines années, se manifestera. Le fait capital de détenir plusieurs centaines de millions d'hectares sans en rien faire, et ce aux portes de l'Europe et sous un merveilleux soleil, doit être pris en très sérieuse considération. La prudence la plus élémentaire nous commande de nous consacrer dès maintenant et avec ténacité au problème fondamental des pluies.

Il est vraiment pitoyable qu'il me faille, après plus de vingt ans de luttes, implorer que l'on fasse un essai ! l'Administration n'ignore point pourtant que les pluies ont diminué de 25 % sur le littoral oranais, ainsi que le dit M. Lasserre, Directeur du Service Météorologique de l'Algérie, à la page 16 de son rapport au Congrès de l'Eau mentionné au début de cet ouvrage, et qu'elles ont aussi diminué sur la majeure partie de l'Algérie. De mes propres calculs appliqués aux graphiques qu'il donne, résulte d'autre part que, s'il y a eu accroissement de 12 % sur 1.400.000 hectares de terrains, il y a eu, par contre, diminution de 18 % sur une étendue vingt fois ou quarante-quatre fois plus grande suivant que l'on exclut ou que l'on compte les territoires du Sud.

On voit combien il importe d'enrayer de toute urgence cet asséchement général de l'Algérie. C'est pourquoi je ne crains point de dire qu'il est tout à fait fâcheux que M. le Gouverneur Général Steeg se soit refusé, malgré ma demande et malgré mon offre de concours, à aménager dans le zahrez Gharbi un premier centre pluvigène, ainsi que le lui proposa M. le commandant Gautier du cercle de Djelfa.

Le fait nouveau que j'invoquais dans ma demande — petits orages *quasi quotidiens* constatés par le R. P. de Foucauld en juillet, août et septembre 1911 à Assekren au sommet du Hoggar, en plein Sahara et en plein été — démontrait catégoriquement le rôle prodigieux que sont appelées à jouer les aires de surchauffe solaire, ou centres de coordination, que l'homme implantera en des points bien choisis.

Ce fait annihile toutes les timidités, toutes les hésitations de la Commission d'Hydraulique. Je dois rappeler ici, pour justifier pleinement combien incompréhensible fut la décision de M. Steeg, que son prédécesseur, M. le Gouverneur Général Lutaud, après m'avoir demandé dès 1913 un projet d'aménagement de la Sebkha d'Oran, après avoir pendant dix ans suivi les progrès de ma documentation sur la production artificielle des pluies, avait conclu dans la lettre qu'il m'adressa le 9 juin 1921, lettre que j'eus soin de reproduire intégralement dans ma communication du 7 avril 1922 à M. Steeg : « Votre principe est d'une logique et d'une clarté « aveuglantes. Il faut essayer ; il faut faire des expériences ».

Rappel des notions essentielles

On peut les condenser comme suit :

A. — Une dépression barométrique équivalente à une colonne d'air d'un mètre de hauteur suffit pour faire appel à dix kilomètres de distance, soit sur une étendue de 30.000 hectares.

B. — Des dépressions de cet ordre sont aisées à produire par belle journée de calme et de chaud soleil ; il suffit d'accroître l'évaporation des eaux au milieu d'un chott en réduisant à quelques centimètres leur épaisseur ; ou encore, sur un lac ou sur la mer, en recourant à un revêtement flottant artificiel ou à des prairies lacustres ou marines.

S'il s'agit de territoires sans nappe d'eau, on diminuera la conductibilité superficielle des terrains à l'aide de scarification, ou mieux de revêtement en pierrailles, en escarbilles ou autres matériaux mauvais conducteurs et de faible capacité calorique, ou même d'une feuille de papier ainsi qu'on le fait à Java pour accroître les récoltes d'ananas.

C. — En s'élevant dans le ciel l'air sec se refroidit de 1° par chaque 101 mètres d'ascension. Cette ascension a par suite tendance à s'arrêter promptement si la surchauffe est faible. Par contre, si elle est considérable il faudra que l'air monte beaucoup plus haut avant d'atteindre la phase de saturation. Or plus grande est la hauteur à atteindre, plus décisives sont les influences perturbatrices qui s'opposent à l'ascension.

D. — L'air humide se refroidit pendant son ascension de 1° par 102 à 104 mètres d'élévation, mais il capte un dixième des radiations solaires, soit 50 fois plus que l'air sec. Le quantum de la captation est évidemment proportionné à la durée

de l'ascension. Dès lors, par belle journée de calme, l'air humide, s'il s'élève lentement, pourra monter plus haut dans le ciel, bien que son échauffement initial ait été moindre que celui de l'air sec, la majeure partie du calorique solaire ayant été absorbée par l'évaporation. Son potentiel d'ascension est par suite plus considérable par grand calme, c'est-à-dire pendant les journées et les heures les plus favorables à la production des pluies de chaleur.

De là résulte que c'est dans les chotts, les marais, les lacs, les baies, les criques marines bien fermées et par suite à eaux plus chaudes, que doivent être implantés de préférence les centres de coordination destinés aux premiers essais. De là résulte aussi qu'au lieu d'assécher radicalement les dépressions humides, mieux eût valu, ainsi que je le demandais déjà en 1908 dans le mémoire « Contributions diverses à l'hydrogénèse », les transformer en étangs de retenue provisoire facilement asséchables en saison opportune ; leurs eaux, s'il s'agit d'eaux douces, étant, d'ailleurs avec grand profit, utilisées par les irrigations.

Le desséchement radical des lacs en ce pays d'Algérie est sûrement une très grave erreur et on sera contraint de remettre en eau plusieurs de ceux qu'on a asséchés ou que l'on assèche à cette heure même, malgré mes protestations.

E. — Presque toutes les pluies sont dues au refroidissement des masses atmosphériques, et ce refroidissement peut être obtenu par ascension.

La capacité de dissolution de l'air pour la vapeur d'eau étant d'autant moindre qu'il est plus froid, il arrive assez promptement à saturation sans avoir à monter très haut dans le ciel s'il n'est pas trop sec. C'est ainsi que dans une atmosphère marquant 20° centigrade et 70 % d'humidité au niveau du sol, et dont la température décroît de 1° par chaque 180 mètres de différence d'altitude, l'air de la colonne ascensionnelle devra être chauffé de 4°, 48 au moins et s'élever à 1.080 mètres pour engendrer un massif nuageux.

L'air à 80 % d'humidité n'aurait à s'élever que de 684 mètres pour arriver à saturation. Pour provoquer cette ascension, il suffit de le chauffer de 2°,77, échauffement beaucoup plus aisé à réaliser que celui de 4°,48. L'on voit par là combien il importe d'accroître l'humidité de l'atmosphère, autrement dit de multiplier les surfaces d'évaporation.

F. — Cette ascension se produit d'ailleurs spontanément, de-ci de-là, par bouffées, sur mille points de chaque localité, en chaque jour de beau soleil et de calme, mais elle est généralement insuffisante et ce, même pendant les journées les plus favorables. Les masses ascendantes sont trop petites, trop discordantes, l'ascension trop discontinue. Le plus souvent le point de saturation n'est atteint nulle part, aucun nuage n'apparaît, et si, par faveur spéciale, des nuages se forment, ils sont dispersés dans le ciel et se dissolvent assez promptement, sans avoir donné une goutte d'eau.

Anarchie calorique

Cet état de choses est si nocif en régions peu pluvieuses qu'il nous paraît utile de traiter à nouveau ce sujet :

Considérons une localité et voyons avec les yeux de l'esprit quels mouvements se produisent dans l'atmosphère qui la recouvre. Pour mieux fixer la pensée, supposons nous au printemps, en mars ou avril par exemple, au moment même où une

pluie opportune sauverait la récolte. Devant nous s'étalent de tous côtés des pièces de terre couvertes d'une belle végétation : blés, orges, avoines, prairies à divers états d'avancement ; ces pièces sont séparées par des champs laissés en inculture, et par d'autres que l'on vient de labourer et scarifier après les avoir ensemencés en sorgho, béchena, maïs, et autres cultures d'été. Plusieurs fermes surgissent à quelque distance du village, les unes entourées de luxuriants vergers, les autres à peu près nues; enfin quelques massifs d'eucalyptus ou de pins, se montrent ici et là.

Le pouvoir de captation des radiations solaires diffère du tout au tout d'une parcelle à l'autre et va engendrer des mouvements discordants.

C'est au contact des terres scarifiées que l'air va s'échauffer le plus promptement et s'élancer vers le ciel, mais pour peu que la surface de ces terres ait été asséchée par quelques journées d'exposition au vent et au soleil, cette colonne ne montera pas bien haut. Par suite de sa faible teneur en vapeur elle capte peu de radiations solaires et se refroidit promptement par détente. Arrivée à quelques centaines de mètres, sa température s'est abaissée suffisamment pour que ce massif d'air déjà refroidi tende à redescendre ; son échauffement initial, sa teneur en vapeur étaient trop faibles.

Par contre les céréales, les prairies luxuriantes vont exhaler beaucoup de vapeur d'eau et enrichir d'autant l'air qui les baigne. Nul n'ignore qu'au printemps leur transpiration physiologique l'emporte sur l'évaporation des pièces d'eau, même peu profondes. Si le temps est calme, de chacun de ces lots de belle verdure va s'élever une colonne d'air distincte. Si leur section de base était de grande ampleur, peut-être quelqu'une pourrait-elle monter assez haut pour engendrer un nuage ; mais elles sont corrodées à leur périphérie par les massifs d'air moins humides qu'elles ont à traverser et qui sont déjà descendants, et elles s'évanouissent le plus souvent sans avoir pu monter à hauteur suffisante. Finalement, au-dessus de la localité s'élèvent de-ci de-là un grand nombre de masses d'air contournées, gênées, corrodées par des masses descendantes qui, de préférence, retombent sur les massifs boisés, sur les vergers les plus touffus, les plus aptes à conserver plus longtemps la fraîcheur sous leurs ombrages.

Il se passe là dans le ciel une agitation analogue au va et vient des hommes et des voitures dans les artères des grandes villes : Après cent parcours, cent allées et venues en tous sens, chacun, la nuit venue, rentre chez soi sans que le centre de gravité de la masse se soit déplacé. De même au point de vue de la production des pluies, c'est en vain que le soleil aura prodigué ses radiations sur tout le territoire de la localité ; la nuit venue, la terre va se refroidir par rayonnement nocturne et le lendemain le même fourmillement ascendant et descendant se reproduira tout aussi vainement.

Dans les régions qui bénéficient d'une pluviosité suffisante pour donner régulièrement d'abondantes récoltes, il y a lieu évidemment de persévérer dans les mêmes répartitions irrégulières des cultures. Dans celles au contraire qui souffrent habituellement de la sécheresse et qui n'ont, le plus souvent, que de médiocres rendements, il sera logique de répartir les cultures comme nous l'avons exposé en décrivant les centres de coordination des plaines dépourvues de toute nappe d'eau.

La distribution des pluies au Maroc dans la région de Marrakech montre clairement que le problème de la pluie consiste essentiellement à contraindre de grandes masses d'air à s'élever haut dans le ciel (1).

Pour en donner la preuve péremptoire il suffit d'attirer l'attention du lecteur sur la distribution des pluies dans la région du Maroc comprise entre Mazagan, Safi, Mogador, sur le littoral océanique d'une part et le haut Atlas de l'autre.

Dans la bande littoralienne les pluies atteignent 300 et 400 millimètres. En se dirigeant vers l'Est on entre ensuite dans une bande plus aride de 1.200.000 hectares ; elle comprend Mzala Chichaoua, K'ech-Chemaia, Ben Guerrir, Mre ben Abbou. Là les précipitations météoriques se réduisent à 200 millimètres en certains points.

Nous avons une bande de terrain de 200 km. de long sur 60 de large qui, bien que située à moins de 100 km. de l'océan, souffre de la sécheresse, alors que cependant les masses atmosphériques venant de l'Ouest qui l'ont traversée sont encore assez riches en vapeur pour donner 600 à 800 millimètres de pluie sur l'Atlas, bien qu'il soit plus distant de l'océan de 60 kilomètres.

Que faut-il pour accroître les pluies sur les territoires arides Slam el Vherara, Slam el Arab ? Créer des centres de coordination qui engendrent des colonnes ascensionnelles contraignant l'air à monter haut dans le ciel. Les fleuves Oum er Rebia, Oued Temsift rendent aisées la création et l'alimentation d'aires de surévaporation dans d'excellentes conditions. L'aménagement rationnel préalable du lac salé Zima permettra de s'assurer si la méthode proposée mérite d'être généralisée.

C'est un impérieux devoir pour l'homme de s'opposer à la stérilisation du globe terrestre.

Terminons en disant que, par suite de diverses défectuosités, la terre vieillit, ses rides s'approfondissent, se multiplient sans cesse, ses nappes d'eau continentales s'assèchent, sa surface se recouvre de-ci de-là d'immenses amas de sables mobiles générateurs de déserts. C'est à l'homme qu'incombe le soin d'assurer sa restauration méthodique ou, tout au moins, de retarder dans la mesure du possible sa décrépitude.

Va-t-il persister à tolérer que les déserts entourent nombre de grands lacs, pis encore, de véritables mers telles que la Caspienne, la mer Rouge, et, tare inconcevable, inadmissible en notre siècle de prestigieux progrès, qu'ils s'étalent sur des milliers et des milliers de kilomètres sur les rivages mêmes de l'Atlantique, du Pacifique, de l'Océan Indien, sans que l'on tente de les faire rétrograder !

Là cependant on bénéficie des marées propices à l'aménagement de vastes aires de surévaporation ; là il y a afflux fréquent d'immenses masses atmosphériques très riches en vapeur, très aptes, si on les contraint à s'élever un peu plus haut dans le ciel, à donner d'abondantes pluies. Ces pluies peuvent retomber de proche en proche tout comme dans le bassin de l'Amazone, et se reproduire à diverses reprises en faisant converger les ruissellements qu'elles donneront vers les dépressions qui, elles aussi, seront aménagées en centres de coordination atmosphérique.

On dispose donc là de puissants moyens d'action.

---

(1) Voir la carte des pluies au Maroc, à la fin de l'ouvrage.

Nous ne prétendons certes point qu'il soit possible de supprimer tous les littoraux désertiques en bordure des océans : Il faut se livrer à une étude attentive de chacun d'eux, mesurer l'importance des difficultés à vaincre, n'entreprendre que ce qui est réalisable.

Il est toutefois possible de signaler dès maintenant qu'il y a opposition complète entre le problème du refoulement du Sahara et la suppression des déserts du Chili et du Pérou. Ceux-ci sont dus au colossal courant glacial de Humboldt qui, à la hauteur du cap Horn, charrie en certains mois des montagnes de glace. Il paraît peu probable qu'il devienne un jour possible d'annihiler les effets nocifs, au point de vue des pluies, d'un fleuve de 500 kilomètres de large ou de le dévier.

L'influence de ce courant est si décisive, sa prépondérance est telle, que les déserts ont pu progresser jusqu'à 5° et 4° de la ligne équatoriale elle-même, ainsi qu'en témoignent ceux de Tumbès et de Séchura. Or le grand cercle équatorial bénéficie du maximum de pluies sur tout le pourtour du globe terrestre, sauf précisément ici sur ce versant occidental de l'Amérique du Sud baigné par le courant de Humboldt, et d'autre part sur la côte orientale de l'Afrique dans la Somalie italienne qui meurt de sécheresse sous l'emprise des déserts d'Arabie.

Tout au contraire le grand désert saharien n'a pu encore descendre au-dessous du 17e degré de latitude ; sa ligne frontale Sud est à 1.900 kilomètres de l'équateur, elle n'a pu déborder beaucoup encore ni le Sénégal, ni le Niger.

Pour terminer, il est une région sur laquelle il y a lieu d'appeler tout particulièrement l'attention : c'est la vallée du Nil et notamment son delta.

Depuis longtemps déjà il est démontré que les importants boisements effectués par Méhémet Ali n'ont pas accru la pluviosité (voir l'article très documenté consacré à cette question dans le dictionnaire Vivien de Saint Martin au mot Egypte). Voici d'ailleurs les dernières moyennes annuelles décennales : Le Caire, 29 millimètres en 17 jours par an ; Suez, 26 millimètres en 14 jours. Si nous passons sur le littoral nous relevons les chiffres suivants : Port-Saïd, 83 millimètres en 34 jours ; Damiette, 124 millimètres en 56 jours ; Alexandrie, 204 millimètres en 74 jours.

L'on pourrait se demander si les pluies relativement plus fortes dont bénéficie cette dernière ville ne sont pas dues à ce qu'elle est à cheval sur l'isthme étroit qui sépare le lac Maréotis de la Méditerranée, constituant ainsi comme Djibouti une aire de surchauffe entourée d'aires de surévaporation plus ou moins actives suivant les vents et les flots.

C'est là une hypothèse qui mérite d'être examinée de près. Mais voici le fait principal sur lequel l'attention du Gouvernement Egyptien mérite d'être appelée : Le delta du Nil a sa frange méditerranéenne recouverte de vastes lacs, leur surface atteint 390.000 hectares et ils renferment de nombreuses îles. La latitude moyenne du delta étant de 31°, le soleil y est implacable. Tout ce terrain est sillonné de canaux dérivés du Nil et est baigné par les branches de ce fleuve ; les arbres sont nombreux, notamment dans les environs de Rosette.

Ainsi, ni la chaleur, ni les surfaces à très active évaporation, ni les arbres ne font défaut ; le delta devrait donc, si ces conditions étaient suffisantes, bénéficier, lorsque le soleil est près du zénith, de nombreuses pluies de chaleur. Or ceci n'a point lieu ; tout au contraire elles sont dérisoires, même sur le littoral. Nous

avons là sous les yeux le spectacle d'une anarchie calorique radicale. A cette anarchie il est sûrement possible de porter remède : L'homme doit intervenir pour instaurer des centres de coordination efficaces, aptes à contraindre de grandes masses d'air à monter assez haut dans le ciel pour engendrer d'épais massifs nuageux producteurs de pluie.

Nous avons jusqu'ici supposé que l'appel trop matinal, trop précoce, des territoires désertiques du voisinage était le seul obstacle à vaincre. Il en est un autre qu'il convient de signaler, bien qu'il ne nécessite pas le recours à un autre moyen d'action que celui indiqué jusqu'à maintenant, savoir : création d'une aire de surchauffe ou mieux de surévaporation, autrement dit d'un centre de coordination, avec tour de centrage.

Depuis bien des années déjà, M. d'Abbadie, de l'Institut, a constaté à diverses reprises, tant en Ethiopie qu'en Egypte, que l'air était parfois d'une sécheresse extrême dès un et deux mètres de hauteur au-dessus des nappes d'eau même très étendues, si le temps est calme. Ceci paraît indiquer nettement que l'air très sec s'oppose à l'ascension de l'air humide.

D'autre part, tous les fumeurs de cigarette ont observé que la volute de fumée qui s'échappe de la partie incandescente a tendance à s'élever droit dans le ciel, parfois de plus d'un mètre d'un seul jet par temps très humide, tandis que son ascension est tourmentée et considérablement réduite et ralentie lorsque l'air est sec. Ces deux faits se confirment l'un l'autre.

Une tour conique surmontée d'une calotte sphérique perturbera l'équilibre atmosphérique le long de ses parois et permettra à l'air humide de s'élever haut dans le ciel. La viscosité de l'air cessera dès lors de s'opposer à l'ascension des masses atmosphériques riches en vapeur.

En même temps que l'on facilitera la formation d'une puissante colonne ascensionnelle, l'on aura soin de rechercher les emplacements des terrains arides dont l'appel est le plus désastreux et on les boisera, si possible, d'essences supportant bien la sécheresse. Des revêtements de pierrailles faciliteront beaucoup le succès des plantations.

Comme en Afrique Occidentale, il y aura lieu de rechercher, dans les premières applications, les terrains qui sont les plus favorables à l'aménagement des centres pluvigènes. Bornons nous pour le moment à citer Alexandrie. Tout ce que nous avons dit à propos de Djibouti pourrait être reproduit ici ; mieux vaut se reporter au chapitre que nous avons consacré à cette localité.

Il est un fait important à noter en Egypte : le Nil jette à la mer plus de 30 milliards de mètres cubes d'eau par an qui n'ont pu être utilisés par les irrigations et les submersions et qui ont échappé à l'évaporation. Cependant, sur sa droite tout comme sur sa gauche, le désert s'étale tout proche de son lit à des distances variant de 5 à 10 kilomètres. Est-ce là chose admissible ?

Le problème de l'utilisation du Nil, étudié depuis tant de siècles déjà en vue des irrigations, mérite d'être retenu également en vue de l'accroissement des pluies, afin de tirer tout le parti possible de ce merveilleux fleuve, même pendant les années de grande crue. Il faut se proposer de refouler systématiquement, chaque jour un peu plus au loin, les bandes désertiques qui enserrent si étroitement la vallée du Nil. Les eaux de la mer Rouge, en raison de leur haute température (28° et

30°) en saison chaude, de leur grande étendue, de l'évaporation intense à laquelle elles peuvent donner naissance, permettront un jour probablement de réaliser le refoulement des déserts libyque et arabique.

Mais résumons ce que nous avons à dire de l'Egypte. Une première étape consistera à aménager en centres de coordination pluvigènes un certain nombre d'îles des lacs essaimés sur le littoral de la Méditerranée. La seconde pourrait être la remise en eau par le Nil de la dépression aride de l'Ouâdi Rayan au Sud du Fayoûm, l'aménagement de centres pluvigènes dans cette dépression ainsi que dans les deux îles du Birket Karoûn, vestige de l'ancien lac Mœris, dans la partie occidentale de la riche dépression du Fayoûm. Cette dépression ne saurait être entièrement remise en eau en raison de son peuplement actuel.

Dans l'antiquité le niveau du lac Mœris était à environ 21 mètres *au-dessus* de celui de la Méditerranée, alors que le lac résiduel, le Birket Karoûn, se trouve à environ 43 mètres *au-dessous* de cette mer. Sa surface atteignait 2.500 kilomètres carrés et le Birket Karoûn n'en couvre que 500 ; d'où diminution de 200.000 hectares de la surface d'évaporation.

D'autres dépressions se sont asséchées. Les nombreuses ruines de citernes qui subsistent en des points aujourd'hui inhabités du désert libyque et du littoral africain de la mer Rouge tendent à démontrer que la pénurie des pluies était moindre. Ces citernes, inconnues dans le reste du Sahara, se retrouvent d'ailleurs sur la côte méditerranéenne du désert égyptien, en Marmarique, comme l'écrit M. E. F. Gautier dans son livre « Le Sahara ».

Il conviendra donc d'aménager en centres pluvigènes la profonde dépression de l'Ouâdi Rayan et le Birket Karoûn dont la surface pourra être accrue sans inconvénients, car ses rives sont sablonneuses au Nord et à l'Ouest, marécageuses à l'Est et au Sud. Grâce au Nil d'autres dépressions pourront aussi être transformées en lacs et, après aménagement, contribuer à accroître la pluviosité de l'Egypte.

Ainsi que le dit M. E. F. Gautier dans son ouvrage « Le Sahara », « le plus beau « désert de la planète ne se prêtera pas dans son ensemble à une mise en valeur « sérieuse aussi longtemps que l'homme n'aura pas trouvé le secret de la pluie » (1).

Après lecture de ma brochure de 1921, intitulée « Comment l'homme accroîtra les pluies des régions arides », ce savant saharien voulut bien m'adresser un mot disant : « C'est comme çà que commencent les grandes choses ». Ce fut là pour moi un puissant réconfort. Après lecture du présent mémoire « Refoulement du Sahara » il estimera — j'ose l'espérer — que je viens de faire un nouveau pas en avant dans la poursuite de cet important problème de la production des pluies en régions arides.

Mais il nous faut en finir et conclure :

En progressant vers des régions de plus en plus chaudes dans leur marche vers l'équateur, les alizés du Nord, tout comme ceux du Sud, stérilisent les contrées qu'ils traversent. A cette absence de chutes météoriques, à cette stérilisation des territoires, succèdent les pluies équatoriales et la plus luxuriante végétation dès qu'au cheminement horizontal des alizés succède leur ascension vers le zénith due à leur convergence.

---

(1) E. F. Gautier. — *Le Sahara*, page 223 de l'édition 1928,

C'est cette ascension qu'il dépend de nous de provoquer en mille et mille points de la terre en multipliant les centres de surchauffe relative et, mieux encore, les centres de surévaporation rationnellement aménagés, autrement dit les centres de coordination pluvigènes.

La conquête à la culture des immenses régions actuellement stériles qui s'étalent comme une lèpre à la surface de la terre, l'accroissement des pluies dans toutes les régions qui souffrent de leur pénurie, s'imposent impérieusement : Ce sont là vraiment œuvres de pacification. Elles permettront à tous les peuples de prospérer, de s'accroître, de vivre dans l'abondance et la joie sous des cieux de plus en plus cléments.

REFOULEMENT DU SAHARA

1re PARTIE

Comment l'homme accroîtra progressivement les pluies des régions arides

TABLE DES MATIÈRES

Pages

PREMIÈRE PARTIE

SOLEIL ET PLUIES

DEUXIÈME PARTIE

ASSÈCHEMENT DE LA TERRE

Pages

TROISIÈME PARTIE

I° BARRAGES RÉSERVOIRS

II° PUITS ARTÉSIENS

III° CENTRES PLUVIGÈNES

QUATRIÈME PARTIE

RÉFUTATION DES OBJECTIONS

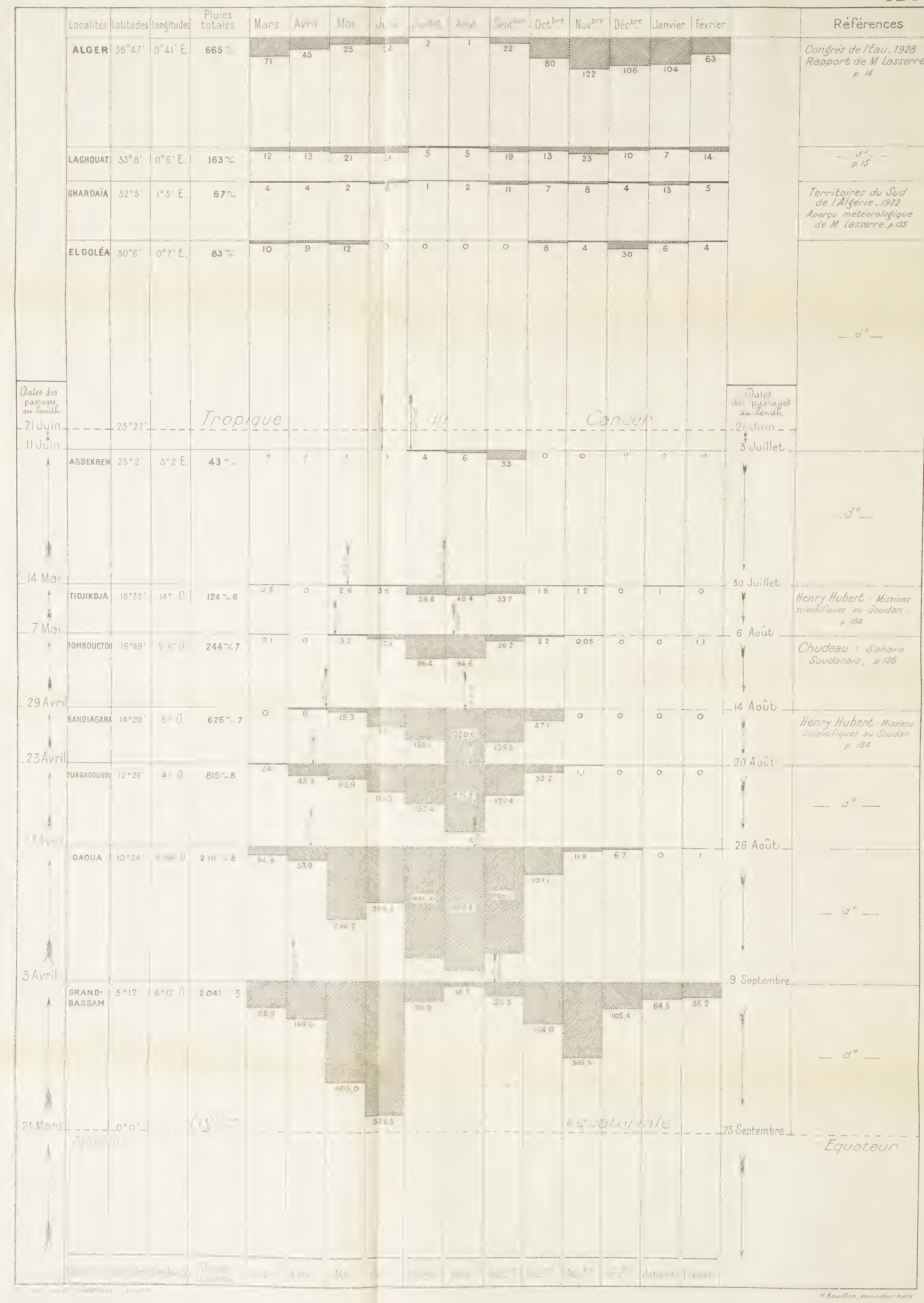
CINQUIÈME PARTIE

REFOULEMENT DU SAHARA

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

PLUIES MENSUELLES EN QUELQUES LOCALITÉS DE L'AFRIQUE DU NORD

PL. I



PLUIES MENSUELLES EN QUELQUES LOCALITÉS DE L'AFRIQUE DU NORD

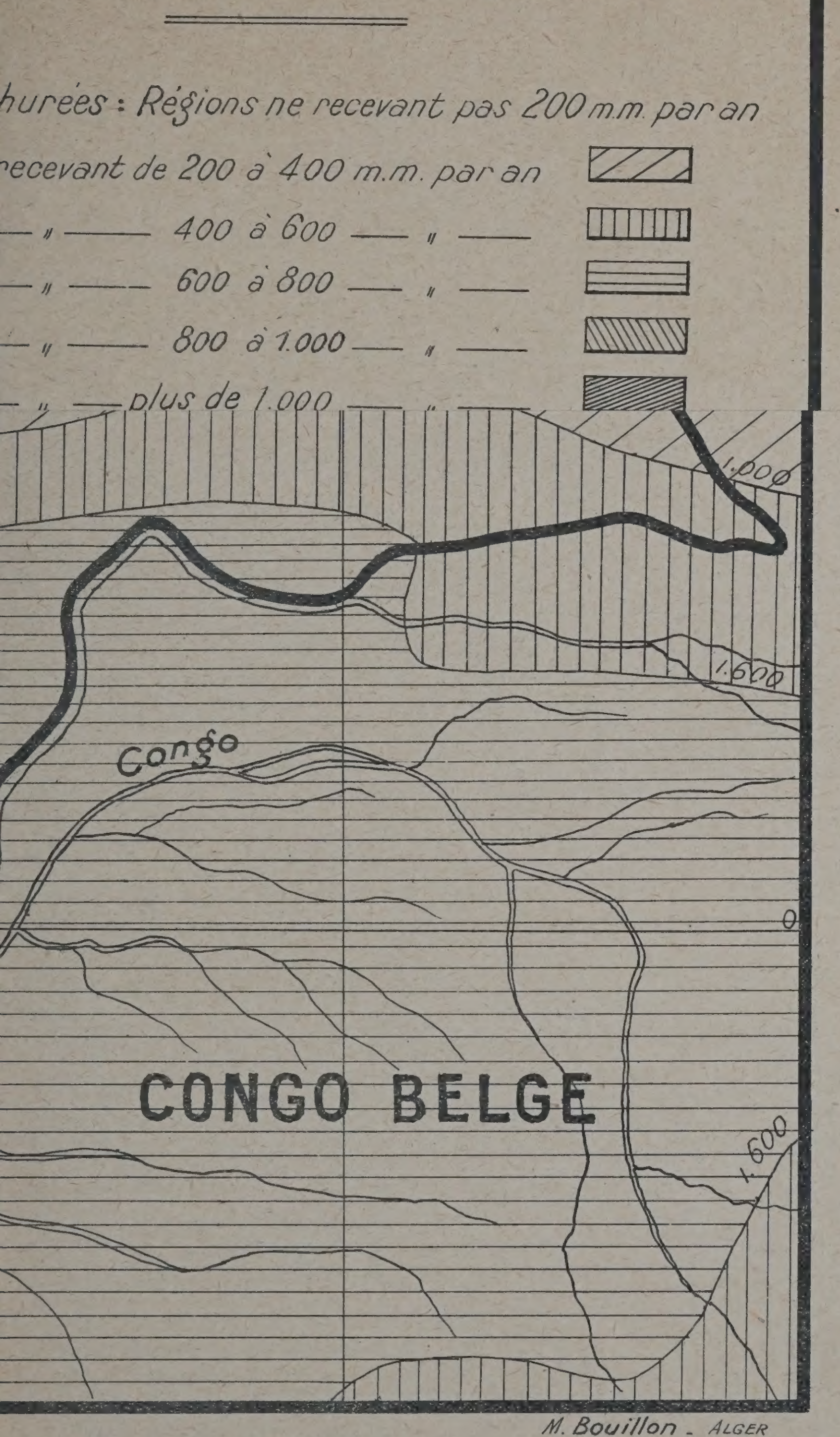
Dates des passages au Zénith	Localités	Latitudes	Longitudes	Pluies totales	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept^bre^	Oct^bre^	Nov^bre^	Déc^bre^	Janvier	Février	Dates des passages au Zénith	Références
	ORAN	35°42'	3° O.	340 m/m	36	31	25	11	0	0	12	25	63	53	51	33		Aperçu de la pluviométrie en Algérie par M. Lasserre _ p. 14 _
	AÏN SEFRA	[illegible]	[illegible] O.	211 m/m	29	21	20	10	7	5	23	29	20	9	21	17		Territoires du Sud de l'Algérie 1922 _ p. 134
	MARRAKECH	[illegible]	[illegible] O.	316 m/m	57	24	25	19	1	7	3	22	55	40	36	37		Mémoires de la Société des Sciences Naturelles du Maroc n° IX - 1924 _ page 15 _
	AGADIR	[illegible]	[illegible]	226 m/m	26	12	5	0	0	7	2	16	48	23	49	38		___ d° ___
21 Juin	Tropique du Cancer																	
25 Mai	PORT-ETIENNE	20°56'	19°26' O.	3 m/m	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	19 Juillet	Henry Hubert = Missions Scientifiques au Soudan _ page 184 _
10 Mai	BOUTILIMIT	17°34'	17° O.	177 mm 1	2,1	?	0,3	?	82	30	?	55	1	0	5,7	0	3 Août	___ d° ___
5 Mai	St LOUIS	16° 2'	18°50' O.	309 m/m 4	0,6	0,1	4,4	23,4	67,5	105,8	89,6	10,4	0,5	3,5	1,8	1,8	9 Août	___ d° ___
30 Avril	DAKAR	14°40'	19°45' O.	535 m/m 8	0,9	0	1,8	12,8	89	235,7	123,1	56,3	1,7	12,1	0,4	2	13 Août	___ d° ___
25 Avril	Ste MARIE DE BATHURST	13°28'	18°56' O.	1283 m/m	0	1	12	49	210	394	253	79	1	1	0	0	18 Août	Traité de Météorologie de Klein
14 Avril	CONAKRY	9°30'	16°3' O.	4 092 m/m 9	3,8	28,4	161,2	574,5	1185,1	981,3	666,7	357,9	114,6	17,3	0,4	1,7	29 Août	Henry Hubert = Missions Scientifiques au Soudan _ page 184 _
21 Mars	Ligne équatoriale 0° 0' Equateur																23 Septembre	Equateur

Localités	Latitudes	Longitudes	Pluies totales	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept^bre^	Oct^bre^	Nov^bre^	Déc^bre^	Janvier	Février	Références

Imp. JULES CARBONEL, ALGER

M. Bouillon, dessinateur Alger

s hachures pour L'AFRIQUE DU NORD

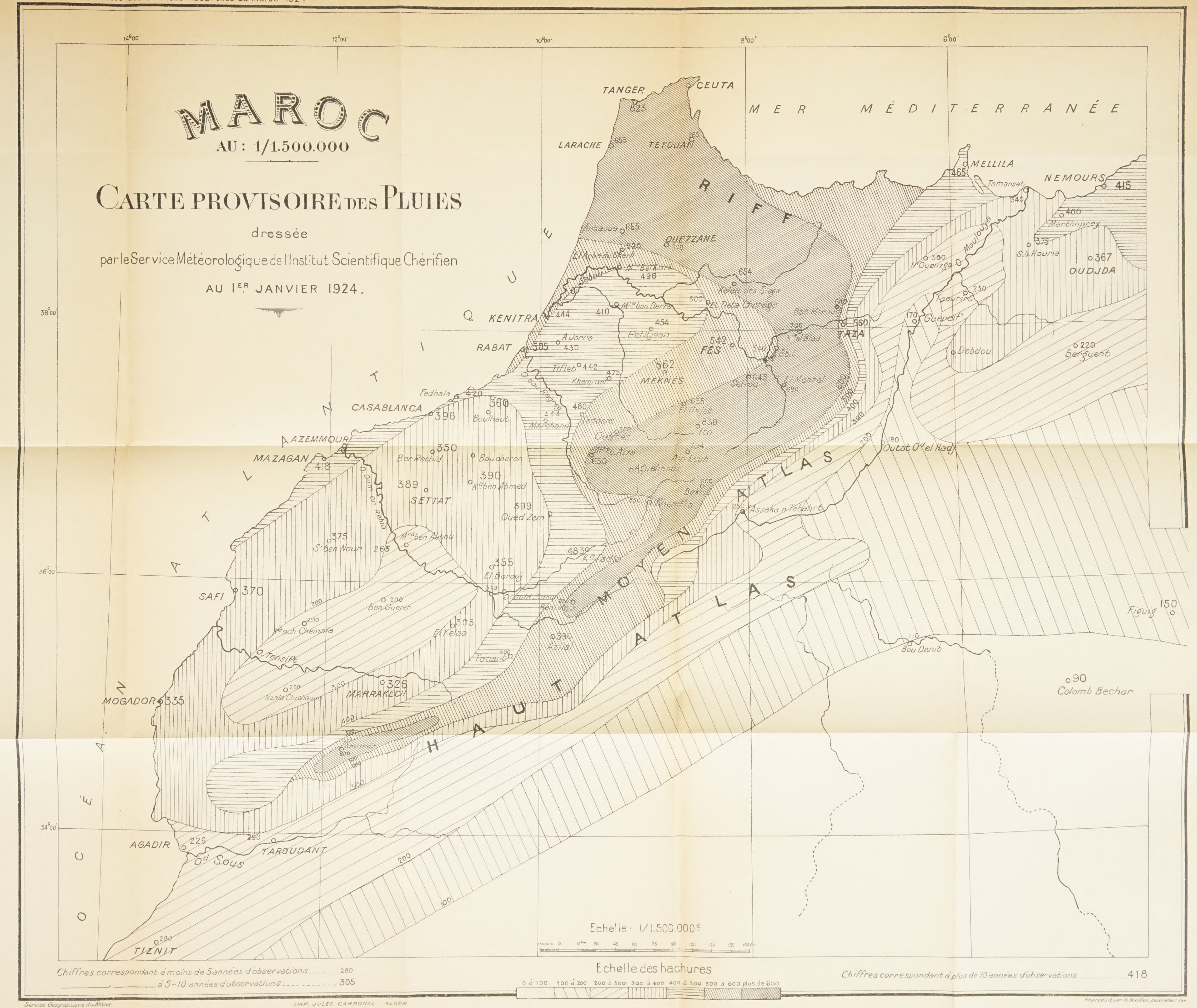


M. Bouillon - ALGER


RÉPARTITION
DES PLUIES
EN
AFRIQUE FRANÇAISE
Echelle de la Carte environ 1/10.000.000e
Echelle des hachures pour L'AFRIQUE DU NORD
Non hachurées : Régions ne recevant pas 200 m.m par an
Régions recevant de 200 à 400 m.m. par an
400 à 600
600 à 800
800 à 1.000
plus de 1.000
MER MÉDITERRANÉE
Tanger
Oran
Alger
Bizerte
Tunis
Constantine
ALGÉRIE
Biskra
Sfax
Gabès
I. Djerba
Rabat
Casablanca
MAROC
Tlemcen
Oudjda
Aflou
Géryville
Laghouat
TUNISIE
Touggourt
Marrakech
Figuig
Ouargla
El Goléa
Ghadamès
TERRITOIRES DU SUD
TRIPOLITAINE
SAHARA
FRANÇAIS
Hoggar
Ghat
RIO
DE ORO
moins de 200
DÉSERT DE LIBYE
ATLANTIQUE
OCÉAN
AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE
Sénégal
St Louis
SÉNÉGAL
Dakar
Lac Faguibine
Tombouctou
Niger
Gao
Agadès
GAMBIE
GUINÉE PORTUGAISE
GUINÉE
Konakry
SIERRA LEONE
Free-Town
LIBÉRIA
CÔTE D'IVOIRE
CÔTE DE L'OR
DAHOMEY
Kotonou
NIGÉRIA
Bingerville
Lac Tchad
Chari
AFRIQUE ÉQUATORIALE FRANCSE
Echelle des hachures pour L'AFRIQUE OCCIDENTALE et L'AFRIQUE ÉQUATORIALE
Non hachurées : régions ne recevant pas 200 m/m par an
Régions recevant de 200 à 600 mm par an
600 à 1000
1.000 à 1.600
1.600 à 3.000
3.000 à 4.000
plus de 4.000
FRANCE
à l'echelle de la Carte
GUINÉE ESPAGNOLE
Libreville
Equateur
CONGO
Congo
CONGO BELGE
IMP. JULES CARBONEL - ALGER
M. Bouillon - Alger

E R R A N É E

lus de 10 années d'observations 418



MAROC
AU : 1/1.500.000
CARTE PROVISOIRE DES PLUIES
dressée
par le Service Météorologique de l'Institut Scientifique Chérifien
AU 1ER JANVIER 1924.
14°00'
12°00'
10°00'
8°00'
6°00'
36°00'
34°00'
MER MÉDITERRANÉE
OCÉAN ATLANTIQUE
RIFF
MOYEN ATLAS
HAUT ATLAS
TANGER 823
CEUTA
LARACHE 655
TETOUAN 665
MELLILA 465
NEMOURS 415
Tamarsat 340
Martimprey 400
S.b.Houria 375
OUDJDA 367
Arbaoua 665
QUEZZANE 678
El Arba du Gharb
Mt Bel Ksiri 520 496
Kelaa des Sless 654
Ft. Reta Chéraga 500
Bab Morouj 540
TAZA 560
Kal Blad 700
Sbit 540
El Menzel 580
H. Ouenzga 300
Moulouya
Taourirt 230
Guercif 170
Debdou
Berguent 220
KENITRA 444
Mra bou Derra 410
Petitjean 454
A. Jorra 430
RABAT 505
FES 542
Tiflet 442
Khemisset 475
MEKNES 562
Sefrou 645
El Hajeb 655
Ito 830
Tedders 480
Marchand 444
Oulmès 580
Mt Arze 650
Aïn Leuh 734
Aguelmous
Bekrit 600
Khenifra 550
Fedhala 420
CASABLANCA 396
Boulhaut 360
AZEMMOUR
MAZAGAN 418
Ber Rechid 350
Boucheron
Kbben Ahmed 390
SETTAT 389
Oued Zem 399
Oum er Rebia
Mra ben Abbou
Sl ben Nour 375
265
El Borouj 355
A. Tadla 483
Outat Od el Hadj 180
Assaka n Tebahrt 250
Ben Guerir 206
SAFI 370
Kach Chemaïa 290
El Kelaa 305
Beni Mellal 626
Azilal 590
Tanant 490
Tensift
Nzala Chichaoua 260
MARRAKECH 326
Amizmiz 830
MOGADOR 335
AGADIR 226
TAROUDANT 290
Od Sous
TIZNIT 280
Figuig 150
Bou Denib 110
Colomb Bechar 90
200
100
Echelle : 1/1.500.000e
Echelle des hachures
0 à 100
100 à 200
200 à 300
300 à 400
400 à 500
500 à 600
plus de 600
Chiffres correspondant à moins de 5 années d'observations 280
à 5-10 années d'observations 305
Chiffres correspondant à plus de 10 années d'observations 418
Service Géographique du Maroc
IMP. JULES CARBONEL - ALGER